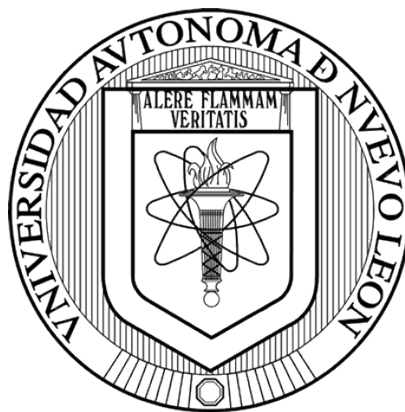


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL UNIVERSITARIO “DR. JOSÉ ELEUTERIO GONZÁLEZ”



**Composición corporal, somatotipo y consumo máximo de oxígeno en
jugadores profesionales de las categorías Sub-17, Sub-20 y Primera
División de un equipo mexicano de fútbol soccer**

Por

Dr. Oscar Alejandro Valdez Noriega

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
ESPECIALIDAD EN MEDICINA DEL DEPORTE Y REHABILITACIÓN**

Febrero 2022

**COMPOSICIÓN CORPORAL, SOMATOTIPO Y CONSUMO
MÁXIMO DE OXÍGENO EN JUGADORES PROFESIONALES DE
LAS CATEGORÍAS SUB-17, SUB-20 Y PRIMERA DIVISIÓN DE UN
EQUIPO MEXICANO DE FÚTBOL SOCCER**

Aprobación de la Tesis



Dr. PhD Tomás Javier Martínez Cervantes

Director de Tesis

Medicina del Deporte y Rehabilitación



Dra. Karina Salas Longoria

Coordinadora de Enseñanza

Medicina del Deporte y Rehabilitación



Dr. Med. Óscar Salas Fraire

Jefe de Departamento

Medicina del Deporte y Rehabilitación



Dr. Felipe Arturo Morales Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado

PRÓLOGO

El motivo y la curiosidad que detonaron esta investigación surgió durante dos etapas al inicio de mi residencia. La primera fue durante las pruebas de esfuerzo que se llevaron a cabo a las Fuerzas Básicas del equipo de Tigres de la UANL durante el año 2018 en el departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación en el Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”. Tengo que reconocer que durante esta primera etapa no entendía la relevancia que estas evaluaciones pueden generar para el equipo médico y para los atletas.

La segunda etapa fue durante mi rotación como médico de equipo en las Fuerzas Básicas de Tigres, donde me di cuenta de que se le daba una gran importancia al porcentaje de grasa de los jugadores; inclusive monitoreándose cada semana como forma de evaluación.

Aquí fue dónde surgió la duda si realmente este parámetro único debería cobrar tanta importancia, o si otros factores deberían tomarse a consideración para la forma y el rendimiento físico de los atletas.

Esto me llevo a realizar una búsqueda bibliográfica sobre el tema, y encontré que el porcentaje de grasa se ha utilizado mucho como parte de la composición corporal en los atletas; existen otros de mayor importancia para determinar el desarrollo de los atletas, como lo es la masa magra.¹

Además de no encontrar alguna bibliografía que especificara tres aspectos importantes de evaluación en una sola investigación en nuestra población, como lo es el somatotipo, la composición corporal y el consumo máximo de oxígeno.

Esta investigación busca generar evidencia sobre la población mexicana en tres categorías distintas a nivel profesional, y ver las características a través de su desarrollo; de forma que se pueda establecer una base de datos fidedigna y en algún momento realizar esta misma investigación a nivel nacional.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por darme la oportunidad y la capacidad de seguir adelante pese a todo, de estar aquí y de aprender de gente extraordinaria y maravillosa.

Gracias a mi mamá por darme la vida, por su sacrificio, su amor incondicional y su apoyo; a mantener su fe en mí a pesar de que yo mismo la pierda en ocasiones.

Gracias a mi papá por haberme dado mi segunda oportunidad de vida, por enseñarme el valor de la disciplina, el sacrificio y mantenerse en pie a pesar de las adversidades.

Gracias a Miguel, que ha estado conmigo desde la infancia y hemos seguido caminos separadamente similares; por ser uno de mis modelos a seguir y por estar a mi lado siempre a pesar de la distancia.

Gracias a Aldair y a Priscila por su admiración que creo no es merecedora, por estar siempre apoyándome y por su confianza.

Mejor familia no pude haber tenido. Les estaré eternamente agradecido.

Gracias a la familia que hice dentro de la residencia, a Sergio, Marlén y en especial a Carolina que se volvió mi hermana de otra madre, por su apoyo en las buenas y en las malas. Por “hundirnos como caballeros” durante estos 4 años.

Gracias a todos mis compañeros, de los cuales aprendí muchas cosas, tanto académicas como extraacadémicas.

Gracias al Dr. Antonio Rivera por su incondicional apoyo y motivación para seguir aprendiendo, por ayudarme a ser mejor médico y a impulsar esa curiosidad por el conocimiento.

Gracias a mis maestros por su amistad y por su enseñanza, por esa paciencia de vernos aprender y crecer poco a poco como médicos.

Gracias al Dr. Tomás Javier Martínez Cervantes por su tiempo y dedicación hacia este trabajo de investigación.

Gracias a la Dra. Karina Salas Longoria por su paciencia y empatía; por todo el respaldo que siempre me dio. No tengo palabras para agradecer todo lo que hizo y su preocupación por mi bienestar personal y académico.

Gracias al Dr. Oscar Salas Fraire, por compartir su conocimiento con todos y por darme la oportunidad de tener la experiencia como médico de equipo en dos instituciones profesionales de gran importancia como los son el club de Fútbol Tigres UANL y el equipo de basquetbol Fuerza Regia. Ha sido un honor ser su alumno.

Gracias a todos los que forman parte del Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación.

DEDICATORIA

Para mi mamá y mi papá.

Para mi familia.

Para mis hermanos de residencia.

TABLA DE CONTENIDO

PRÓLOGO	3
AGRADECIMIENTOS.....	5
DEDICATORIA.....	7
TABLA DE CONTENIDO	8
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABLAS	12
LISTA DE ABREVIATURAS.....	13
RESUMEN	14
CAPÍTULO 1	15
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPÍTULO 2	17
COMPOSICIÓN CORPORAL	17
2.1 Generalidades	17
2.2 Determinación de la Composición Corporal	17
2.2.1 Ecuaciones de Regresión.....	19
2.2.2 Bioimpedancia Eléctrica (BIA).....	19
2.2.3 Absorcimetría Dual de Rayos X (DXA)	21
2.3 Comparación de los distintos métodos para la determinación de la Composición Corporal	22
SOMATOTIPO	23
2.4 Generalidades	23
2.4 Importancia del Somatotipo en el rendimiento.....	23
2.5 Somatotipo y Fútbol	24
2.6 Somatotipo y Composición Corporal mediante análisis de impedancia bioeléctrica (BIA)	25
CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO	26
2.7 Generalidades	26
2.8 Determinación del Consumo Máximo de Oxígeno	26
2.8.1 Medición directa del Consumo Máximo de Oxígeno	27
2.8.2 Medición indirecta del Consumo Máximo de Oxígeno.....	27
2.9 Utilidad del Consumo Máximo de Oxígeno en el deportista	28

2.9.1 Consumo Máximo de Oxígeno y el deportista de futbol soccer	28
CAPÍTULO 3	30
ANTECEDENTES	30
CAPÍTULO 4	47
MATERIAL Y MÉTODOS	47
4.1 OBJETIVOS	47
4.1.1 Objetivo General	47
4.1.2 Objetivos Específicos	47
4.2 HIPÓTESIS	48
4.2.1 Hipótesis Alternativa	48
4.2.2 Hipótesis Nula	48
4.3 DISEÑO DEL ESTUDIO	48
4.4 MUESTRA	49
4.5 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN	49
4.5.1 Criterios de Inclusión.....	49
4.5.2 Criterios de Exclusión	50
4.6 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	50
4.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51
CAPÍTULO 5	53
RESULTADOS	53
CAPÍTULO 6	69
DISCUSIÓN	69
6.1 CATEGORÍAS SUB 17, SUB 20 Y PRIMERA DIVISIÓN	70
6.1.1 PERFIL ANTROPOMÉTRICO.....	70
6.1.2 SOMATOTIPO	71
6.1.3 COMPOSICIÓN CORPORAL	72
6.1.4 CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO	75
6.2 CATEGORÍAS SUB 17, SUB 20 Y PRIMERA DIVISIÓN EN BASE A LA POSICIÓN DENTRO DEL TERRENO DE JUEGO	77
6.2.1 PERFIL ANTROPOMÉTRICO.....	77
6.2.2 SOMATOTIPO	78
6.2.3 COMPOSICIÓN CORPORAL	80

6.2.4 CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO	82
CAPÍTULO 7	84
CONCLUSIONES.....	84
RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO	86
BIBLIOGRAFÍA	87
APÉNDICE A	94
CLAVE DE REGISTRO ANTE EL COMITÉ DE INVESTIGACIÓN.....	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Descripción y comparación del número de somatotipo entre jugadores profesionales de fútbol de un equipo mexicano en sus categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División.	54
Figura 2. Comparación de la masa libre de grasa en las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División de un equipo profesional de futbol mexicano.	57
Figura 3. Comparación de la masa grasa en las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División de un equipo profesional de futbol mexicano.	57
Figura 4. Comparación del porcentaje de grasa en las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División de un equipo profesional de futbol mexicano.	58
Figura 5. Comparación del índice de Masa Corporal en las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División de un equipo profesional de futbol mexicano.	58
Figura 6. Comparación del Consumo Máximo de Oxígeno Relativo (VO ₂ máx.) en las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División de un equipo profesional de futbol mexicano.	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de edad, masa corporal y talla entre jugadores profesionales de fútbol de un equipo mexicano en las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División.....	53
Tabla 2. Descripción y comparación del endomorfismo, mesomorfismo y ectomorfismo entre futbolistas profesionales de un equipo mexicano en sus categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División.....	54
Tabla 3. Frecuencias de las categorías del somatotipo de jugadores profesionales de fútbol de un equipo mexicano en las escuadras Sub 17, Sub 20 y Primera División.	55
Tabla 4. Descripción y comparación de la masa libre de grasa, masa grasa, porcentaje de grasa, índice de masa corporal VO2 máx. relativo entre jugadores profesionales de fútbol de un equipo mexicano en sus categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División.....	56
Tabla 5. Comparación del endomorfismo, mesomorfismo y ectomorfismo entre las posiciones de jugadores profesionales de un equipo de fútbol mexicano en sus categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División.....	61
Tabla 6. Categorías del somatotipo entre las posiciones de juego de jugadores profesionales de futbol de un equipo mexicano en la Sub 17, Sub 20 y Primera División.	63
Tabla 7. Descripción y comparación de los valores específicos por posición para la edad y la talla.	64
Tabla 8. Descripción y comparación de los valores específicos por posición para la masa corporal, masa libre de grasa y masa grasa.	66
Tabla 9. Descripción y comparación de los valores específicos por posición para el porcentaje de grasa y el índice de masa corporal.	67
Tabla 10. Descripción y comparación de los valores específicos por posición para el consumo máximo de oxígeno relativo.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS

ACSM: *American College of Sports Medicine* (Colegio Americano de Medicina del Deporte)

DXA: *Dual X-ray absorptiometry* (Absorcimetría dual de rayos X)

ISAK: *International Society for the advancement of the Kinanthropometry* (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría)

BIA: Bioimpedancia eléctrica

VO₂máx: Consumo máximo de oxígeno

ml: mililitro

kg: kilogramo

min: minuto

%: porcentaje

Km: kilómetro

m/s: metro por segundo

cm: centímetro

ml/kg/min: mililitro por kilogramo de peso por minuto

L/min: litros por minuto

et al.: y colaboradores

n: número

UEFA: *Union of European Football Associations* (Unión Europea de Asociaciones de Fútbol)

UANL: Universidad Autónoma de Nuevo León

Km/h: kilómetros por hora

SPSS: *Statistical Package for the Social Sciences* (Programa Estadístico)

IMC: Índice de Masa Corporal

m²: metros cuadrados

Liga MX: Nombre actual que recibe la Liga Profesional de Fútbol en México

RESUMEN

Dr. Oscar Alejandro Valdez Noriega

Fecha de Obtención del Grado

Febrero 2022

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Medicina y Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”

Título del Estudio COMPOSICIÓN CORPORAL, SOMATOTIPO Y CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO EN JUGADORES PROFESIONALES DE LAS CATEGORÍAS SUB-17, SUB-20 Y PRIMERA DIVISIÓN DE UN EQUIPO MEXICANO DE FÚTBOL SOCCER.

Número de Páginas 69 **Candidato para el grado de Especialidad en Medicina del Deporte y Rehabilitación**

Área de Estudio Medicina del Deporte

Propósito y Método del Estudio: Se han descrito investigaciones sobre la composición corporal, el somatotipo el consumo máximo de oxígeno en jugadores profesionales de futbol en distintas categorías. Para la población mexicana existen pocos estudios evaluando estos tres determinantes para el rendimiento deportivo. El objetivo del estudio fue describir y comparar los parámetros ya mencionados en sus tres categorías profesionales más representativas de un equipo mexicano; con la finalidad de demostrar los cambios que se presentan en el atleta en sus tres fases de desarrollo; dando así parámetros fidedignos y conocer los sitios de mejora que se producirían en base al entrenamiento y la nutrición específica; para así llevar a nuestros atletas a un máximo nivel deportivo, permitiéndoseles competir de manera óptima a nivel nacional e internacional.

Contribuciones y Conclusiones: No se demostró una diferencia significativa entre la masa grasa y el porcentaje de grasa entre las tres categorías; a comparación de la masa libre de grasa, donde se observa un aumento importante conforme se avanza en edad y categoría. La predominancia del componente mesomórfico se demostró en todas las categorías. Para el consumo máximo de oxígeno, contrariamente a lo esperado, se determinó una diferencia significativa ya que la Primera División presentó la menor cantidad, seguido de la Sub 17 y Sub 20. Para las posiciones en el campo, se mostró la misma tendencia en cuanto a la masa grasa y el porcentaje de grasa, sin presentar una diferencia significativa. El somatotipo mostró de igual manera una predominancia mesomórfica en todas las posiciones; mientras que los que presentaron mayor cantidad de consumo máximo de oxígeno fueron los mediocampistas en todas sus categorías. Estos resultados nos ayudarán a enfocar los esfuerzos e individualizar la nutrición y entrenamiento dependiendo de la categoría del jugador, así como la posición que lleva a cabo dentro del campo.

Firma del Asesor:

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El futbol soccer es el deporte más popular del mundo.² Es un deporte de características intermitentes que requiere de varios tipos de habilidades a distintas intensidades.³ Cada vez se ha ido profesionalizando más, al punto de crear centros de preparación específicos que también forman parte del reclutamiento de atletas en edades tempranas.² A su vez, esta popularidad ha generado inquietud para el desarrollo de estudios de investigación que favorecen la mejora de la práctica deportiva y el rendimiento físico.⁴

Las demandas fisiológicas y físicas de sus participantes son específicas de acuerdo con el nivel en que se encuentran; y también están determinadas en base a la posición que desempeñan dentro del campo de juego.^{1,4,5}

Los investigadores han utilizado distintas metodologías para estimar la composición corporal de los jugadores de fútbol.⁶ Esto no solo ayuda a la valoración nutricional y el estado físico para un rendimiento óptimo, sino que se ha visto que también favorece para una prevención, así como recuperación favorable de lesiones.⁷

Además de la composición corporal; el somatotipo y el consumo máximo de oxígeno también forman parte de las evaluaciones primordiales de los atletas de alto rendimiento; a través de las mediciones de éstos se han llegado a determinar medidas promedio en las cuales se debería de encontrar un futbolista de elite para poder competir de manera adecuada.^{1,8-10}

A pesar de que existen muchos estudios sobre la composición corporal, el somatotipo y consumo máximo de oxígeno; no existe ningún estudio que correlacione estas tres variables en tres categorías profesionales en la población mexicana.

CAPÍTULO 2

COMPOSICIÓN CORPORAL

2.1 Generalidades

La composición corporal definida por el manual de nutrición del *American College of Sports Medicine* (ACSM), como “los tejidos que forman el cuerpo humano: masa grasa, masa magra, agua y huesos”¹¹ ha sido uno de los parámetros más estudiados en la población general ya que se ha relacionado con diversas patologías, sobre todo de tipo cardiometabólicas.¹²⁻¹⁴

Sin embargo, en las últimas décadas se ha descrito la importancia de la medición de este parámetro como factor determinante del rendimiento físico en atletas de élite.^{2,15} Uno de los factores más estudiados en el fútbol soccer ha sido el porcentaje de grasa, y se han determinado diferentes métodos para su cálculo.¹⁶

Estas evaluaciones también ayudan a monitorizar el aspecto nutricional de los jugadores de fútbol profesional previo a su período competitivo, y el comportamiento que sufre durante el transcurso de la temporada; de esta manera se han establecido valores estándar o ideales para su nivel competitivo.^{15,17,18}

2.2 Determinación de la Composición Corporal

La composición corporal ha sufrido varios cambios en su determinación desde sus inicios, primero descrito como un modelo bicompartimental que determina la masa grasa y la masa libre de grasa; hasta el modelo más actual que divide en 5 compartimentos la

estructura corporal en los niveles atómico o elemental, molecular o químico, histológico o celular y nivel corporal total.^{13,19}

Existen diferentes técnicas para determinar la composición corporal que se pueden llevar a cabo dentro de un laboratorio o en campo; y estas variarán en aspectos relacionados a la precisión, el costo y la complejidad de estas.^{12,13}

Las mediciones se clasifican en directas e indirectas. La única forma directa establecida es mediante la disección cadavérica; mientras que las indirectas pueden realizarse desde pesaje hidrostático hasta mediciones antropométricas como circunferencias y pliegues cutáneos. También se puede determinar mediante bioimpedancia eléctrica, tomografía computarizada, pletismografía de aire^{11,20,21} y uno de los métodos indirectos con mayor exactitud que ha sido la absorcimetría dual de rayos X (DXA).²² Sin embargo se consideran como el estándar de oro a la resonancia magnética y a la tomografía computarizada para la medición de la masa muscular o la cantidad de músculo.²³

Uno de los métodos más utilizados por su facilidad de aplicación es la determinación indirecta de la composición corporal mediante fórmulas de regresión ya establecidas.^{16,24} Para que estas puedan realizarse se necesitan tomar mediciones antropométricas que han sido establecidas por organismos internacionales,²⁵ tal es el caso de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK).²⁶

Existen dos tipos de perfiles antropométricos establecidos por la ISAK que son: el perfil restringido y el completo. El primero consta de 21 mediciones mientras que el segundo de 43 mediciones. La diferencia entre uno y otro es la cantidad de ecuaciones de regresión e índices de proporcionalidad que se pueden determinar con cada uno.²⁶

Para lo referente a esta investigación se mencionarán únicamente las ecuaciones de regresión, el análisis por bioimpedancia eléctrica (BIA) y la absorcimetría dual de rayos X (DXA).

2.2.1 Ecuaciones de Regresión

Distintas fórmulas o ecuaciones de regresión se han implementado para el cálculo del porcentaje de grasa; estos se han basado en distintos tipos de poblaciones y utilizando datos como las medidas de los pliegues cutáneos¹⁴, circunferencias o inclusive el índice de masa corporal.²⁷

Como se mencionó anteriormente, la DXA es el método indirecto más exacto para la determinación del porcentaje de grasa²², sin embargo presenta un alto costo y mayor dificultad para que se lleve a cabo, a comparación de otros métodos como la bioimpedancia o las ecuaciones de regresión mediante medidas antropométricas. Por lo que se han llevado a cabo estudios comparando distintas ecuaciones de regresión contra DXA, para personas atletas y no atletas; determinando qué ecuaciones presentan las menores diferencias de resultados.¹⁶ Esto facilitaría de manera significativa las valoraciones precompetitivas y durante la competencia de atletas de alto rendimiento.

2.2.2 Bioimpedancia Eléctrica (BIA)

Este método de evaluación ha ganado popularidad por ser un método indoloro y no invasivo, además del corto tiempo necesario para que se complete la valoración.²⁸ Se ha

utilizado para la valoración nutricional de distintas patologías intrahospitalarias;^{29,30} así como en los últimos años se han llevado a cabo estudios de investigación en población de jugadores de futbol soccer profesional.³¹⁻³³

Ésta técnica mide la impedancia de los tejidos, mediante el paso de una corriente eléctrica alterna de muy bajo voltaje; y ayuda a determinar el estado nutricional e hidratación del paciente;^{34,35} pero al ser dependiente del estado de hidratación, los resultados se pueden modificar si se encuentran alteraciones del mismo; por lo que se han establecido recomendaciones generales previos a la valoración para disminuir lo mayor posible el porcentaje de error.²⁹ Otros factores a considerar son el instrumento en sí, los electrodos, el operador, el sujeto y el ambiente.³⁰

Es importante señalar que cada monitor presenta distintas ecuaciones validadas³⁶ para la determinación de los componentes del cuerpo. Y los resultados que arroja esta medición son: el peso corporal, la masa libre de grasa, la masa grasa, la masa celular, la masa extracelular, el agua corporal total, el agua intracelular y el agua extracelular.^{34,35}

También se ha descrito un estudio donde se comparan los métodos de valoración por análisis de vector de bioimpedancia eléctrica clásica y específica en jugadores jóvenes de futbol soccer, en el cual se menciona la utilidad de ambos; mientras que para evaluar los cambios en los fluidos corporales podemos seguir utilizando el método clásico; se menciona que para la determinación del porcentaje de masa grasa sería más conveniente utilizar el método de bioimpedancia específica.³⁷

2.2.3 Absorcimetría Dual de Rayos X (DXA)

Este método de evaluación de la composición corporal se ha utilizado ampliamente ya que produce mínima radiación y se ha vuelto más accesible al paso del tiempo.²² Es un método especial que valora la masa ósea corporal total y la composición de los tejidos blandos.³⁸ Se ha utilizado desde varias perspectivas como lo son: condiciones metabólicas, enfermedades específicas como la osteoporosis,³⁹ salud musculoesquelética como el caso de pacientes con sarcopenia⁴⁰ y relacionado al deporte y aptitud física.³⁸

Otros parámetros que se pueden determinar mediante este estudio, además de la distribución de la masa grasa, son el índice de masa grasa, la relación Androide/Ginecoide y los índices de lipodistrofia (% de grasa del tronco/piernas, la relación de masa tronco/extremidades).²³

Una de las grandes ventajas a comparación de la resonancia magnética o la tomografía son, la bajo costo y la mínima exposición a radiación respectivamente; por lo que se ha generalizado su uso, ya que presenta resultados muy similares.²³

Debido a que se ha vuelto más accesible, se han realizado ya varios estudios en población deportista, específicamente en futbolistas de soccer, relacionados a los cambios que se producen en la composición corporal durante el transcurso de la temporada competitiva.^{41,42} También se ha utilizado este método para compárarlo con las ecuaciones de regresión, para determinar cuál de ellas es más adecuada para los atletas y no atletas de edades similares¹⁶ y para la población general.²⁷

2.3 Comparación de los distintos métodos para la determinación de la Composición Corporal

Como se ha mencionado anteriormente, todos los métodos tienen sus ventajas y desventajas; la mayor ventaja sería la facilidad de aplicación en una menor cantidad de tiempo. Debido a esto, existe una gran variabilidad de metodologías utilizadas para la determinación de la composición corporal, sobre todo en el caso del porcentaje de grasa; por lo que surgiría el cuestionamiento si es posible transpolar los resultados de un método con otro.

Se han realizado estudios en base a este planteamiento, por ejemplo, en niños y adolescentes que presentaban sobrepeso, comparándose bioimpedancia, ecuaciones de regresión utilizando pliegues cutáneos y DXA. En este estudio mencionan que no serían intercambiables la valoración del porcentaje de grasa entre estas metodologías para esta población.⁴³

Dos estudios realizaron la comparación con pletismografía en atletas de distintos deportes⁴⁴ y otro específicamente con jugadores de futbol soccer;⁴⁵ en ambos llegan a la conclusión que no es adecuado intercambiar los resultados de un tipo de metodología con otra.^{44,45} Sin embargo, estos estudios se realizaron en atletas infantiles y adolescente, por lo que sería interesante replicar estos estudios en jugadores profesionales de alto rendimiento.

SOMATOTIPO

2.4 Generalidades

El somatotipo fue definido por Sheldon y ha tenido varias modificaciones. Una de ellas realizada por Heath y Carter, que lo expresan como: “la cuantificación de la forma y composición actual del cuerpo humano,”⁴⁶ se expresa de forma numérica en tres distintos parámetros: endomórfico, mesomórfico y ectomórfico. Ya se encuentra establecida la forma de determinarlo; ya sea mediante el método antropométrico, el fotoscópico o la combinación de los anteriores.^{10,46-48}

La determinación numérica del somatotipo puede establecerse mediante ecuaciones establecidas o llenado de formatos preestablecidos; una vez teniendo los tres valores, se puede colocar de manera gráfica en la somatocarta.^{10,46}

De igual manera, el somatotipo cuenta con 13 categorías distintas basados en la somatocarta que dependen de la dominancia de los parámetros.⁴⁶

2.4 Importancia del Somatotipo en el rendimiento

Se ha llegado a suponer que distintas predominancias del somatotipo favorecerían a los atletas en distintos tipos de deportes, o que de cierta manera estarían predispuestos a rendir más en uno que en otro.¹⁰

Como este parámetro ha sido uno de los más estudiados, en la actualidad ya se cuentan con distintas bases de datos de poblaciones deportivas^{2,6,10,49,50}, que establecen el parámetro ideal para cada deporte.^{10,49}

2.5 Somatotipo y Futbol

En el futbol soccer se ha estudiado ampliamente el somatotipo, inclusive determinando las diferencias que pueden existir entre las posiciones dentro del terreno de juego en futbolistas juveniles,⁴⁹⁻⁵⁶ así como en atletas profesionales de élite.^{2,6,57,58}

En todas las investigaciones se ha demostrado que, independientemente de la edad y de la posición dentro del campo de juego, la tendencia es que se presente una cantidad mucho mayor de mesomorfismo, a comparación del endomorfismo y el ectomorfismo.^{2,6,49-55,57}

También se ha descrito que, conforme transcurre la edad y los jugadores pasan a una categoría de mayor nivel, este componente mesomórfico va en aumento, siempre y cuando se mantenga en un nivel competitivo.⁴

La población mexicana no es la excepción para mostrar esta tendencia del mesomorfismo. Además de que también se han descrito las características de jugadores juveniles,^{4,50,55} se describen las características del máximo nivel deportivo como lo serían jugadores de la selección nacional mexicana.⁵⁷

2.6 Somatotipo y Composición Corporal mediante análisis de impedancia bioeléctrica (BIA)

Recientemente debido a la facilidad de determinar la composición corporal mediante bioimpedancia, además de la importancia de conocer el somatotipo de los atletas; se ha empezado a investigar qué rol juega el somatotipo dentro del vector que muestra el estudio por bioimpedancia, y si este es capaz de modificarlo.⁵⁹

En un estudio donde se evaluaron atletas de futbol, voleibol, rugby se demostró que a mayor componente endomórfico, se relacionaba con un vector más corto; mientras que un mayor componente mesomórfico se asociaba con un incremento de la inclinación del vector de bioimpedancia.⁵⁹

También recientemente se ha propuesto la utilización de nuevas fórmulas para el cálculo del somatotipo en jugadores masculinos de futbol soccer; argumentando que se necesitarían menos mediciones a comparación del método tradicional de Heath y Carter. Todo esto con la utilización de bioimpedancia eléctrica y mediciones antropométricas.⁶⁰

CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO

2.7 Generalidades

Según la ACSM (*American College of Sports Medicine*) “el consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2\text{máx}$) es el criterio bruto para determinar la aptitud cardiorrespiratoria.”⁶¹

Esta variable se expresa normalmente en términos relativos (ml/kg/min) a comparación del criterio absoluto (ml/min) de forma que pueda ser comparativo en distintas poblaciones en base al peso corporal. Se determina mediante el cálculo del producto del gasto cardíaco máximo y la diferencia arterio-venosa de oxígeno y se relaciona de manera cercana con la capacidad funcional cardíaca.^{61,62}

2.8 Determinación del Consumo Máximo de Oxígeno

Para evaluar este parámetro es necesario realizar una prueba de esfuerzo, ya sea en cinta rodante o cicloergómetro como los métodos más usados⁶¹, sin embargo existen otro tipo de ergómetros adaptados a diferentes deportes. Se debe de elegir el protocolo más adecuado para el individuo, en el caso de los deportistas, se sugiere utilizar un protocolo incremental máximo.⁶²

Una vez realizada la prueba de esfuerzo, existen dos maneras para determinar el consumo máximo de oxígeno; ya sea de manera directa o indirecta.⁶²

2.8.1 Medición directa del Consumo Máximo de Oxígeno

La forma directa de calcularlo es mediante la ergoespirometría, de manera que se miden las fracciones exhaladas de oxígeno y dióxido de carbono provenientes del catabolismo de carbohidratos y lípidos.⁶²

Mediante la ergoespirometría, además de medir el consumo máximo de oxígeno, también se pueden determinar los umbrales ventilatorios, valorar la carga de trabajo y distintos parámetros metabólicos como los umbrales de lactato (solo sí se toman muestras sanguíneas de este último).⁶¹⁻⁶³

La desventaja del método directo es el requerimiento de una alta preparación por parte del equipo médico evaluador, así como máquinas sofisticadas en laboratorio que necesitan calibraciones entre cada prueba; por lo que se vuelve un método muy costoso y no todos los centros cuentan con estas características.^{61,63}

2.8.2 Medición indirecta del Consumo Máximo de Oxígeno

Cuando no es posible determinar el consumo máximo de oxígeno mediante el método directo, se recurre a su evaluación mediante distintas técnicas indirectas, que se encuentran validadas, por ejemplo pruebas de campo que comparan la correlación entre el tiempo que se recorre determinada distancia, o mediante la medición de la carga externa.^{61,62}

La ventaja es que se puede llevar a cabo con mayor facilidad, ya sea dentro de un laboratorio de pruebas o mediante pruebas en campo. Sin embargo presentan la desventaja, que al ser un método indirecto, puede subestimar o sobreestimar la cantidad de consumo máximo de oxígeno.^{61,62}

2.9 Utilidad del Consumo Máximo de Oxígeno en el deportista

Este parámetro se ha establecido como el de mayor importancia para la determinación de la capacidad aeróbica.⁶²

Además de que ayuda a determinar cualquier respuesta patológica que pueda presentar el atleta, así como para la prescripción de entrenamiento individualizado para su edad, género y deporte.^{62,63}

2.9.1 Consumo Máximo de Oxígeno y el deportista de futbol soccer

Se ha visto que el futbol soccer es un deporte de características intermitentes, ya que los jugadores muestran recorridos a distintas velocidades a lo largo del partido. En promedio un jugador recorre aproximadamente 11 km por partido, siendo el primer tiempo donde se recorren más kilómetros.⁵

También se han descrito las distancias recorridas en base a la posición dentro del campo determinando por ejemplo que, los que presentan una mayor distancia recorrida, así como mayor distancia a una alta intensidad son los mediocampistas; mientras que los que presentan menos cantidad de metros recorridos son los defensas.³

Otras variables que se han descrito son la velocidad máxima de carrera y el tiempo de recuperación, dando una media de 7.6 m/s y 72 segundos respectivamente. De la misma forma los que presentan mejores valores son los mediocampistas, y los defensas presentan los valores menos favorables; esto pudiéndose deber al rol que juegan en el partido.³

Generalmente en un partido de futbol la intensidad promedio es aproximadamente del 70 al 75% del consumo máximo de oxígeno.⁵ A lo largo de los años, diferentes investigaciones han marcado los parámetros que debería tener un jugador de futbol soccer para su rendimiento óptimo de manera profesional, en edades juveniles⁸ hasta las categorías mayores.^{8,57,64,65}

Se reconoce además, que los periodos fuera de temporada pueden llevar a un descenso del consumo de oxígeno si no se realiza una adecuada prescripción de entrenamiento, lo que puede afectar el rendimiento para la siguiente temporada.⁶⁶

CAPÍTULO 3

ANTECEDENTES

Raven *et al.*⁶⁴, evaluaron a 18 jugadores profesionales norteamericanos de soccer del equipo Dallas Tornado Soccer Club; se realizaron pruebas de valoración aeróbica, fuerza, bioquímicas sanguíneas y composición corporal. Para la prueba de capacidad aeróbica se realizó mediante el protocolo de Astrand en cinta rodante y la composición corporal mediante el cálculo con la fórmula de Siri utilizando pliegues cutáneos mediante antropometría. La edad promedio de los participantes fue de 25.6 ± 1.0 años, la talla de 176.3 ± 1.2 cm, el peso de 75.7 ± 1.9 kg, el porcentaje de grasa de 9.59 ± 0.73 %, la masa libre de grasa de 68.3 ± 1.5 kg, y el consumo máximo de oxígeno relativo de 58.4 ± 0.83 ml/kg/min. Estas pruebas se llevaron a cabo previo a la finalización del torneo correspondiente del año 1975.

Ming-Kai *et al.*⁶⁷, evaluaron el perfil fisiológico de 24 jugadores profesionales de etnia China de Hong Kong. Los participantes fueron reclutados previo a la convocatoria para la selección Nacional que participaría en los Juegos Asiáticos en Beijing 1990. Dentro del perfil fisiológico se evaluó la composición corporal, la función pulmonar, la potencia aeróbica máxima, el umbral anaeróbico, potencia, flexibilidad y fuerza muscular. El porcentaje de grasa se estimó de las mediciones de los pliegues, sin embargo, no se especificó que ecuación de estimación utilizaron. El consumo máximo de oxígeno se determinó de manera directa mediante medición de gases espirados. La media para la edad fue de 26.3 ± 4.2 años, la talla de 173.4 ± 4.6 cm, el peso de 67.7 ± 5.0 kg, la masa libre de grasa de 62.2

± 4.2 kg, el porcentaje de grasa de 7.3 ± 3.0 % y el consumo máximo de oxígeno de 59.1 ± 4.9 ml/kg/min.

Ordaz⁵⁰ realizó un estudio descriptivo de 88 futbolistas profesionales pertenecientes a las fuerzas básicas de dos clubes en la ciudad de Monterrey, Nuevo León. Dividieron por grupos de edad de 15 años ($n = 30$), 16 años ($n = 30$) y 17 años ($n = 28$); y a su vez dividieron la muestra por posición en el campo. Se realizaron mediciones antropométricas conforme al manual de técnicas procedimientos del perfil cineantropométrico del deportista mexicano “La Comisión Nacional del Deporte en 1991”. Para la muestra general se presentó una talla de 170.48 ± 5.76 cm, el peso de 59.91 ± 7.57 kg, porcentaje de grasa de 12.64 ± 3.1 % y una masa magra de 52.57 ± 5.57 kg. Mientras que por posición los porteros presentaron una talla de 173.43 ± 5.58 cm, un peso de 63.61 ± 5.42 , un porcentaje de grasa de 13.90 ± 2.35 % y una masa magra de 54.69 ± 4.02 kg. Por su parte los defensas mostraron una talla de 170.50 ± 5.85 , un peso de 59.33 ± 7.57 kg, un porcentaje de grasa de 12.87 ± 3.69 % y una masa magra de 51.59 ± 6.23 kg. Los mediocampistas presentaron una talla de 170.54 ± 6.07 cm, un peso de 60.75 ± 7.66 kg, un porcentaje de grasa de 12.48 ± 2.69 % y una masa magra de 53.08 ± 6.23 kg. Por último, los delanteros tuvieron una talla de 168.75 ± 4.54 cm, peso de 57.56 ± 7.54 kg, porcentaje de grasa 11.87 ± 2.9 % y una masa magra 51.99 ± 3.96 kg. El somatotipo fue el siguiente 2.5, 3.9, 3.3 para el grupo de 15 años; 2.6, 3.8, 3.2 y para el grupo de 17 años 2.4, 3.6, 3.3 de los componentes de endomorfia, mesomorfia y ectomorfia respectivamente. Dentro de la clasificación del somatotipo los jugadores de 15 años presentaron mayor incidencia de mesomorfo balanceado, mientras que los de 16 y 17 años presentaron ectomorfo-mesomorfo.

Reilly *et al.*², realizaron una revisión enfocada a determinar las características antropométricas y fisiológicas de jugadores de futbol soccer, sobre todo haciendo un énfasis en el rol que juegan estas determinantes para la detección de talentos y el desarrollo de programas. Ellos hacen especial énfasis en la capacidad aeróbica del atleta y mencionan que, por ejemplo, los mediocampistas y los jugadores que juegan de laterales poseen el mayor consumo máximo de oxígeno relativo a comparación de las demás posiciones (> 60 ml/kg/min). Mencionan por ejemplo las características antropométricas y fisiológicas de jugadores daneses profesionales con una media para los porteros en cuanto a la altura de 190 ± 0.6 cm, peso de 87.8 ± 8.0 kg y consumo máximo de oxígeno de 51.0 ± 2.0 ml/kg/min. Para los defensas centrales una talla de 189 ± 0.6 cm, peso de 87.5 ± 2.5 kg y consumo máximo de oxígeno de 56.0 ± 3.5 ml/kg/min. Para los defensas laterales una talla de 179 ± 0.6 cm, peso de 72.1 ± 10 kg y el consumo máximo de oxígeno de 61.5 ± 1 ml/kg/min. Los mediocampistas presentaron una talla de 177 ± 0.6 cm, peso de 74.0 ± 8.0 kg y consumo máximo de oxígeno de 62.6 ± 4 ml/kg/min. Y por último los delanteros mostraron una talla de 178 ± 0.7 cm, peso de 73.9 ± 3.1 kg y consumo máximo de oxígeno de 60.0 ± 3.7 ml/kg/min.

Wittich *et al.*⁶⁸, realizaron una comparación de 42 jugadores profesionales de un equipo de la liga Argentina contra 33 controles (jóvenes universitarios). Estas mediciones se realizaron en el período de pretemporada durante los periodos de 1997 a 1999. Se realizó la medición de la composición corporal incluyendo los parámetros de masa magra, grasa y ósea. Esto se determinó mediante evaluación con densitometría DXA. Se determinó una diferencia significativa en los tres parámetros; los jugadores profesionales mostraron los siguientes resultados: porcentaje de grasa 12.2 ± 3.1 %, masa grasa 9.2 ± 2.8 kg, masa magra 63.1 ± 3.9

kg y masa ósea 3.8 ± 0.3 kg. Mientras que sus contrapartes controles mostraron los siguientes resultados: porcentaje de grasa 19.2 ± 5.6 %, masa grasa 14.8 ± 5.7 kg, masa magra 57.3 ± 4.2 kg y masa ósea 3.4 ± 0.5 kg. Por lo cual se demostró una gran diferencia entre los jugadores contra sus controles a pesar de que estos último no llevaban una vida sedentaria.

Rodríguez *et al.*⁵⁷, realizaron la evaluación morfofuncional de los jugadores de la selección mexicana que acudieron a la copa mundial de Corea y Japón 2002. Se llevó a cabo un estudio transversal a 20 jugadores que se encontraban en la etapa de entrenamiento precompetitivo previo al mundial. Las mediciones se llevaron a cabo mediante los lineamientos de la ISAK; y se determinó el porcentaje de grasa mediante la ecuación generalizada de Jackson y Pollok. Mientras que la capacidad funcional se determinó mediante prueba en banda sin fin mediante el protocolo de Bruce modificado. Se determinaron los siguientes resultados: edad 29 ± 3.01 años, talla 175 ± 5.6 cm, peso 74 ± 5.62 kg, porcentaje de grasa 10 ± 1.65 %, porcentaje de músculo 49 ± 1.39 %; mientras que para el somatotipo se determinaron las siguientes medias: 2.35 ± 0.48 , 5.9 ± 0.92 y 1.95 ± 0.77 , para la endomorfia, mesomorfia y ectomorfia respectivamente. Para el consumo máximo de oxígeno se determinó una media de 64 ± 4.47 ml/kg/min.

Miniroglu *et al.*⁶⁹, determinaron los cambios físicos y fisiológicos antes y después de 6 semanas de entrenamientos de pretemporada en 22 jugadores profesionales de un equipo de la primera división de Turquía. El porcentaje de grasa se calculó mediante la utilización de pliegues cutáneos y la ecuación de Adams; mientras que el consumo máximo de oxígeno se calculó de forma indirecta mediante la prueba de Course Navette. Los valores previos a la etapa de entrenamiento fueron los siguientes: peso 74.65 ± 5.90 kg, porcentaje de grasa 6.43

± 1.67 %, y el consumo máximo de oxígeno 56.95 ± 4.07 ml/kg/min. Las evaluaciones posteriores al periodo de entrenamiento fueron los siguientes: peso 73.85 ± 5.34 kg, porcentaje de grasa corporal 5.84 ± 1.36 %, y el consumo máximo de oxígeno 59.48 ± 3.28 ml/kg/min. Estos resultados fueron estadísticamente significativos. Sin embargo, no se especifica el tipo de entrenamiento que llevaron los atletas; solo se menciona que se llevaron a cabo 60 entrenamientos y 6 partidos de preparación.

Da Silva *et al.*⁸, llevaron a cabo una revisión de documentos en distintas bases de datos para determinar el consumo máximo de oxígeno, además de medidas antropométricas como el peso y la talla en tres diferentes categorías profesionales de equipos brasileños. Estas se clasificaron en Sub 17, Sub 20 y Primera División. La investigación recabó literatura científica correspondiente al periodo de 1996 a 2006. La mayoría de los estudios que se recopilaron determinaron el consumo máximo de oxígeno de manera indirecta. Para los datos antropométricos se menciona un rango promedio de 173 – 177 cm y de 174 – 181 cm para la talla en la categoría Sub 17 y Sub 20 respectivamente. Mientras que para el peso un rango promedio de 60 – 71 kg y de 66 – 75 kg para la Sub 17 y Sub 20 respectivamente. En el caso de la Primera División no se hace esta aclaración. Por su parte su estudio determinó una media para el consumo máximo de oxígeno de 56.95 ± 3.60 ml/kg/min, de 58.13 ± 3.21 ml/kg/min y de 56.58 ± 5.03 ml/kg/min para las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División respectivamente. Además, concluyeron que la posición que presentó un mayor nivel de consumo de oxígeno fueron los defensas externos (o defensas laterales).

Reilly *et al.*⁹, realizaron un estudio para determinar la correlación entre las ecuaciones de predicción del porcentaje de grasa frente a DXA; se evaluaron a 45 jugadores

profesionales de tres clubes de la “*Premier League*” previos al inicio de la temporada. No se especifica si pertenecían a alguna categoría en especial, porque no era el objetivo del estudio; sin embargo, presentan las medias de las variables de la edad, peso y talla: 24.2 ± 5.0 años, 82.0 ± 8.5 kg y 182 ± 0.7 cm respectivamente. En el resultado para el porcentaje de grasa medido mediante el método de DXA fue de $11.2 \pm 1.8\%$.

Sporis *et al.*⁷⁰, realizaron una batería de pruebas para determinar el perfil fisiológico a 270 jugadores profesionales croatas durante los periodos precompetitivos de los periodos 2005 – 2006 y 2006 – 2007; a su vez que se clasificaron por su posición dentro del terreno de juego en porteros, defensas, medios y delanteros. Todos los jugadores pertenecían a equipos de la “Primera Liga Nacional” croata. Dentro de la serie de estudios se llevaron a cabo medidas antropométricas como la talla, peso y porcentaje de grasa; además de prueba de velocidad, fuerza explosiva y valoración del consumo máximo de oxígeno. Para el porcentaje de grasa se utilizó la ecuación de Jackson y Pollock, y para el consumo máximo de oxígeno se determinó mediante prueba directa con monitorización de intercambio de gases. Los resultados para la muestra total fueron los siguientes en cuanto a edad, peso, talla, porcentaje de grasa y consumo máximo de oxígeno: 28.3 ± 5.9 años, 181.4 ± 2.5 cm, 78.4 ± 3.1 kg, 11.9 ± 3.1 % y 60.1 ± 2.3 ml/kg/min respectivamente. Una vez que se clasificaron los jugadores por su posición en el campo se demostraron los siguientes resultados: los porteros con una edad media de 31.5 ± 2.3 años, talla de 185 ± 3.1 cm, peso de 81 ± 2.3 kg, porcentaje de grasa de 14.2 ± 1.9 % y consumo máximo de oxígeno de 50.5 ± 2.7 ml/kg/min. Los defensas mostraron una edad media de 27.3 ± 2.3 años, talla de 177.2 ± 4.5 cm, peso de 74.5 ± 5.6 kg, porcentaje de grasa de 12.2 ± 0.7 % y consumo máximo de oxígeno de 59.2 ± 1.5 ml/kg/min. Los mediocampistas presentaron una media para la edad de 25.1 ± 3.1 años, la

talla de 169.4 ± 5.6 cm, el peso de 64.4 ± 3.2 kg, porcentaje de grasa de 8.4 ± 2.9 % y un consumo máximo de oxígeno de 62.3 ± 3.1 ml/kg/min. Y por último los delanteros mostraron los siguientes resultados: la edad con una media de 24.2 ± 3.2 años, talla de 180.7 ± 3.4 cm, peso de 78.4 ± 5.2 kg, porcentaje de grasa de 10.2 ± 2.1 % y un consumo máximo de oxígeno de 58.9 ± 2.1 ml/kg/min. Se demostró una diferencia significativa en cuanto al mayor porcentaje de grasa que presentaron los porteros y defensas en comparación con los mediocampistas y delanteros. De la misma manera que los mediocampistas presentaron la mayor cantidad consumo máximo de oxígeno relativo, y los porteros la menor cantidad.

Sutton *et al.*⁷¹, evaluaron la composición corporal mediante el uso de DXA en 64 jugadores profesionales de los 4 clubes pertenecientes a la “Premier League” y todos ellos clasificados en competiciones europeas dentro de la temporada 2007 – 2008. Se clasificaron en base a su posición dentro del campo de juego y si tenía estatus internacional o eran pertenecientes a una etnia en específico. Además, hicieron una comparación con un grupo control de 24 participantes de similares características, que no eran deportistas y que realizaban una actividad física de leve a moderada. La media para la edad, talla y peso de toda la muestra (de jugadores) fue de 26.8 ± 5.2 años, 180 ± 0.6 cm y 81.3 ± 12.7 kg respectivamente. Para su posición las medias fueron en el caso de los porteros ($n = 8$) de 25.0 ± 3.3 años, 190 ± 0.3 cm de talla y 91.2 ± 4.6 kg de peso. Para los defensas ($n = 20$) la media para la edad fue de 26.7 ± 4.4 años, 184 ± 0.6 cm de talla y 86.0 ± 7.3 kg de peso. Los mediocampistas ($n = 22$) presentaron una edad de 26.5 ± 3.9 años, talla de 178 ± 0.5 cm y un peso de 78.0 ± 5.8 kg. Y por último los delanteros ($n = 14$) mostraron una edad de 25.6 ± 4.3 años, una talla de 180 ± 0.8 cm y un peso de 82.7 ± 5.6 kg.

Para los resultados del porcentaje de grasa se encontró una diferencia significativa de los porteros ($12.9 \pm 2.0 \%$) contra los defensas ($10.6 \pm 2.1 \%$), medios ($10.2 \pm 1.8 \%$) y delanteros ($9.9 \pm 2.0 \%$); el resto no se demostró ninguna diferencia significativa.

Carling *et al.*¹⁷, examinaron la variabilidad de la composición corporal de 26 jugadores profesionales pertenecientes a un equipo de la “*League 1*” de Francia; estas mediciones se realizaron durante el transcurso de la liga y también durante la participación de este equipo en el torneo internacional “*UEFA Champions League*” del año 2006 – 2007. Se realizaron mediciones de pliegues cutáneos en 14 ocasiones; y el resultado de la composición corporal se obtuvo mediante la ecuación de regresión de Durnin y Womersley y se convirtió a porcentaje de grasa a través de la fórmula de Siri. Se clasificaron los jugadores en base a su posición dentro del terreno de juego en porteros, defensas centrales, defensas laterales, centro mediocampistas, mediocampistas laterales y delanteros. Dentro de los resultados demostraban que, durante todas las mediciones, los que presentaban un mayor porcentaje de grasa fueron los porteros, sin embargo, de la misma manera mostraban un mayor número en kilogramos de masa libre de grasa. Otro dato importante para señalar es que, durante el transcurso de varias temporadas, los que presentaron mayor variabilidad del porcentaje de grasa fueron los mediocampistas.

Lago *et al.*⁵¹, evaluaron las características antropométricas y fisiológicas de 321 jugadores juveniles de soccer. Estos jugadores pertenecían a equipos representativos regionales de alto nivel competitivo en España. Se clasificaron de acuerdo con su edad y posición de juego. Las mediciones se llevaron a cabo cerca del final de la primera mitad de la temporada. Las evaluaciones morfológicas que se realizaron fueron peso, talla y 6 pliegues

cutáneos, mientras que las fisiológicas para la capacidad aeróbica fue una prueba de carrera de 20 metros progresiva y para la velocidad una prueba de 30 metros; además de otras mediciones para la potencia. La composición corporal se determinó mediante las fórmulas de Faulkner, Rocha, Wurch y Matiegka; también se realizó el cálculo del somatotipo. En cuanto a los resultados del somatotipo, se encontró una diferencia significativa para el componente endomórfico en el caso de los porteros (2.91 ± 0.70) contra mediocampistas externos (2.36 ± 0.63) y delanteros (2.38 ± 0.64); así como una diferencia significativa entre los defensas centrales (2.92 ± 0.92) contra mediocampistas externos y delanteros. Para la mesomorfia no se determinó diferencia significativa; y en el caso de la ectomorfia solo se encontró significancia en el caso de los defensas centrales (2.61 ± 0.89) contra mediocampistas externos (2.98 ± 1.08) y delanteros (2.90 ± 0.90).

Para el porcentaje de grasa se encontraron diferencias significativas en los siguientes casos: los porteros ($11.99 \pm 1.58 \%$) contra mediocampistas externos ($10.90 \pm 1.39 \%$) y delanteros ($10.84 \pm 1.35 \%$). También en el caso de los defensas centrales ($12.07 \pm 2.09 \%$) contra mediocampistas externos y delanteros.

Mientras que, para el consumo máximo de oxígeno relativo solo se comenta que existió una diferencia significativa en el hecho de que los porteros presentaron menor cantidad comparada con el resto de las posiciones (defensas laterales, defensas centrales, mediocampistas centrales, mediocampistas externos y delanteros); pero no se dan los ml/kg/min exactos.

Sánchez *et al.*⁷², analizaron el perfil antropométrico y fisiológico de 220 futbolistas profesionales de la Primera División de Costa Rica, y se clasificaron de acuerdo con su posición en porteros ($n = 23$), defensas ($n = 57$), mediocampistas ($n = 95$) y delanteros ($n =$

45). Para la determinación del porcentaje de grasa se realizaron medición de pliegues cutáneos y se utilizó la fórmula de Jackson y Pollock; y para la capacidad aeróbica se utilizó el protocolo máximo de Mac Dougal en banda sin fin utilizando máscara de intercambio gaseoso para determinar de manera directa el consumo máximo de oxígeno. Dentro de los resultados no se encontró diferencia significativa en el porcentaje de grasa en ninguna de las posiciones: porteros ($11.10 \pm 2.85 \%$), defensas ($9.84 \pm 3.77 \%$), mediocampistas ($9.78 \pm 3.74 \%$) y delanteros ($9.03 \pm 3.53 \%$). De la misma manera no se demostró diferencia significativa en el consumo máximo de oxígeno: porteros ($55.94 \pm 5.78 \text{ ml/kg/min}$), defensas ($58.22 \pm 6.20 \text{ ml/kg/min}$), mediocampistas ($59.01 \pm 7.78 \text{ ml/kg/min}$) y delanteros ($57.87 \pm 5.94 \text{ ml/kg/min}$).

Jorquera *et al.*⁵², describieron la composición corporal y el somatotipo de 217 jugadores chilenos de las categorías Sub 16 y Sub 17 pertenecientes a 6 clubes profesionales que participan en la Primera División A de Chile. Estas evaluaciones se llevaron a cabo entre los años 2010 y 2011. Para la determinación de la composición corporal se utilizaron las ecuaciones de Kerr, las cuales consideran el tejido adiposo, muscular, óseo, residual y de piel. El somatotipo se calculó a través del método de Heath y Carter. En cuanto a los resultados, la masa que presentaron los juveniles Sub 16 fue 14.8 kg y los de músculo 31 kg. En el caso de los Sub 17 mostraron una grasa de 14.8 kg y músculo de 32.2 kg. En cuanto al somatotipo se demuestra una mayor disposición del componente mesomórfico. Concluyen que hay una gran diferencia entre la composición corporal de estas categorías comparadas con las mayores, y que esto puede dar una mayor predisposición a lesiones y disminución del rendimiento deportivo.

Rebelo *et al.*⁷³, realizaron una comparación de parámetros antropométricos y fisiológicos en jugadores profesionales y no profesionales (considerados a aquellos que competían a nivel regional) Sub 19, con una muestra total de 180 jugadores portugueses. Además, se clasificaron por su posición dentro del terreno de juego. Estas evaluaciones se llevaron a cabo en el periodo de diciembre de 2008 y enero de 2009. Para la determinación de la masa corporal y del porcentaje de grasa se utilizó un monitor de grasa corporal (Tanita®). Se determinó que no hubo una diferencia significativa en el porcentaje de grasa en los dos niveles competitivos en ninguna de las posiciones de juego.

Fidelix *et al.*⁴⁹, analizaron el somatotipo de 67 jugadores profesionales pertenecientes a 2 clubes brasileños con un rango de edad entre 15 y 17 años. La medición del somatotipo se realizó en base a las ecuaciones de Heath y Carter. Los datos se recolectaron en abril de 2012 previo al entrenamiento. La media total del grupo presentó un somatotipo de 2.6 – 4.3 – 2.9 con una clasificación de mesomorfo balanceado. Los que presentaron mayor cantidad de endomorfismo fueron los porteros con 3.1, mientras que los que presentaron un mayor mesomorfismo fueron los delanteros con 4.7; sin embargo, la mayor presentación de ectomorfismo fue de los mediocampistas con 2.9. Y dentro de la clasificación todos presentaron un mesomorfo balanceado a excepción de los mediocampistas, que mostraron un ectomorfo mesomorfo.

Hidalgo *et al.*³⁴, evaluaron el consumo y estatus nutricional de 72 jugadores profesionales de fútbol pertenecientes a 4 clubes de la Liga Nacional Mexicana, la edad rango de los participantes fue de 15 a 20 años. Para las mediciones antropométricas se basaron acorde a los lineamientos de la ISAK, y determinaron un modelo penta compartimental con

el protocolo fraccionado de Ross y Kerr. Los resultados se clasificaron en base a cada uno de los 4 equipos de futbol, y presentaban un rango de masa adiposa desde 14 hasta 17 kg, mientras que la masa muscular se encontraba en un rango de 28.5 hasta 32.5 kg. Una de las conclusiones del estudio fue que, los requerimientos energéticos de estos atletas no era el adecuado para su edad y deporte practicado.

Milsom *et al.*¹, llevaron a cabo un estudio donde se evaluaron a 83 jugadores profesionales de un equipo de la liga inglesa “Premier League”. Estos participantes fueron categorizados en Primera División, Sub 21 y Sub 18, dependiendo de su edad o donde jugaran la mayor parte del tiempo. Lo que se evaluó fue la composición corporal mediante DXA durante los periodos 2010 – 2013. Sin embargo, mencionan que, a pesar de que las mediciones se realizaron dentro de temporada, estas no fueron consistentes porque se llevaron en diferentes meses. Los resultados mostraron una diferencia significativa en el porcentaje de grasa en la escuadra de Primera División ($10.0 \pm 1.6 \%$) contra la Sub 21 ($11.6 \pm 2.5 \%$) y la Sub 18 ($11.4 \pm 2.6 \%$); así como la masa magra presentó una diferencia significativa entre la categoría Sub 18 contras las otras dos categorías. Para los resultados por posición, no se demostraron cambios significativos en el caso del porcentaje de grasa; a diferencia de la masa magra, que, en el caso de los porteros, presentaros mayor número de kilogramos en las tres categorías. Mientras que para la masa grasa no hubo cambios significativos. Los autores concluyeron que es importante dar un enfoque en base a la nutrición y entrenamientos adecuados para generar mayor masa magra, sobre todo en las categorías que se encuentran en pleno desarrollo.

Perroni *et al.*⁵³, evaluaron las diferencias antropométricas y el somatotipo en 112 jugadores italianos agrupados por edades de 12, 13, 14, 15, 16 y 17 años. Estos jugadores pertenecían a un club italiano juvenil. Las muestras se tomaron al inicio de la temporada 2013 – 2014. Para el cálculo del somatotipo se utilizó el método de Heath y Carter. La muestra total mostró una media para el somatotipo de $2.85 \pm 1.25 - 3.88 \pm 1.15 - 2.98 \pm 1.13$. Mientras que por posiciones los que presentaron un mayor endomorfismo y mesomorfismo fueron los porteros, y los que presentaron mayor ectomorfismo fueron los mediocampistas. Los investigadores concluyen que existieron diferencias en el somatotipo dependientes de la categoría y la posición; sobre todo en el componente endomórfico.

Woong *et al.*⁵⁴, realizaron una evaluación de 22 jugadores elite coreanos dentro de sus diferentes posiciones de juego, con una edad media de 16.3 ± 0.1 años; se determinó el somatotipo mediante la metodología de Heath y Carter. La composición corporal se determinó mediante bioimpedancia eléctrica con InBody 520®. Se demostró una mayor cantidad de masa magra en los porteros a comparación de los delanteros y los mediocampistas. Dentro del resultado de la somatocarta, la mayoría de los jugadores se encontraron localizaos ligeramente hacia la izquierda hacia el ectomorfismo, independientemente de las posiciones. Concluyeron que uno de los aspectos más importantes es enfocar la nutrición y el entrenamiento para disminuir la masa grasa y aumentar la masa muscular para poder competir a nivel profesional.

Hernández *et al.*⁵⁵, evaluaron la composición corporal en 5 compartimentos mediante la fórmula de Kerr; además de describir el somatotipo según la metodología de Heath y Carter. Este estudio tuvo como sujetos a 48 jugadores juveniles mexicanos de un

equipo profesional, estos se clasificaron según su posición en el campo en porteros ($n = 3$), defensas ($n = 15$), laterales ($n = 8$), medios ($n = 12$) y delanteros ($n = 10$). Dentro de los resultados los que mostraron mayor cantidad de musculo fueron los defensas, que mostraron una significancia contra los porteros, delanteros y laterales. Mientras que para el compartimento de la masa adiposa los medios fueron los que presentaron el menor porcentaje. Para el somatotipo se evidenció una clara predominancia del componente mesomórfico en todas las posiciones, mayormente en los delanteros, que de igual forma presentaron el mayor número de endomorfismo a diferencia de las demás posiciones.

Milanese *et al.*⁴¹, investigaron mediante DXA los cambios que se presentaron en la composición corporal de 31 jugadores pertenecientes a un club profesional italiano que participaba en la “Serie A”. La muestra se dividió en posiciones: porteros ($n = 4$), defensas ($n = 13$), mediocampistas ($n = 8$) y delanteros ($n = 6$). Un delantero y un mediocampista se excluyeron del análisis por lesión durante la temporada. Se realizaron tres mediciones: una previo al inicio de la temporada, a mitad y al finalizar la misma. Dentro de los resultados se determinó que tanto la masa grasa en kilogramos como el porcentaje de grasa disminuyó a lo largo de la temporada, así como la masa libre de grasa presentó un aumento con cambios significativos. Aun así, se demostró mayor cambio a mitad de temporada, mencionan los autores que probablemente por el aumento de cargas en los entrenamientos.

Michaelides *et al.*⁶⁵ compararon la composición corporal y el consumo máximo de oxígeno previo al inicio de la temporada en 421 jugadores profesionales de primera, segunda y tercera división de las ligas de Chipre. La composición corporal se determinó a través de bioimpedancia (BC 418 MA, Tanita®); y para la determinación del consumo máximo de

oxígeno se utilizó un protocolo máximo incremental en banda sin fin, donde se evaluó de forma directa con medición de gases. Los resultados determinaron un porcentaje de grasa de 12 ± 3 , 11 ± 4 y 10 ± 4 % para primera, segunda y tercera división respectivamente. Mientras que para el consumo máximo de oxígeno relativo se determinó una diferencia significativa entre todas las divisiones, mostrando una media de 57.03 ± 5.49 , 52.19 ± 5.41 y 48.94 ± 4.73 ml/kg/min para la primera, segunda y tercera división respectivamente. Al dividirlos por posición dentro del terreno de juego lo que presentaron un menor porcentaje de grasa fueron los mediocampistas, aunque los resultados no fueron significativos. Para el consumo máximo de oxígeno los que mostraron mayor cantidad fueron los extremos y los mediocampistas con una diferencia significativa.

Cárdenas *et al.*⁵⁶, evaluaron a 174 jugadores de futbol españoles dentro de sus categorías Sub 14, Sub 16 y Sub 19; además se clasificaron por posiciones en porteros, defensas extremos, defensas centrales, mediocampistas y extremos o delanteros. Se determinó el somatotipo y la composición corporal por medio de mediciones antropométricas. Las mayores diferencias se mostraron entre los porteros y delanteros; ya que los porteros presentaban una tendencia a mostrar una mayor cantidad de masa grasa muy probablemente al rol que juegan dentro del campo y no ser necesario una gran capacidad aeróbica a comparación del resto de las posiciones.

Zúñiga *et al.*⁴, determinaron el somatotipo de 78 jugadores mexicanos profesionales en 4 categorías distintas (primera división, primera división A, segunda división y tercera división). El Somatotipo se calculó a través de la fórmula de Heath y Carter. Las valoraciones fueron llevadas a cabo durante la pretemporada. Todas las categorías presentaron un mayor

número de mesomorfismo, además de una clasificación general de mesomorfo balanceado. Sin embargo, llegaron a la conclusión que, a pesar de esta similitud, el componente mesomórfico iba aumentando conforme al nivel de competición en el que se desempeñaban los jugadores.

Rodríguez *et al.*⁷⁴, compararon las diferencias antropométricas y el somatotipo por posición dentro del campo de 390 futbolistas mayores de 18 años que pertenecían a 15 clubes de la primera división de Chile. Para la composición corporal se hizo una división penta compartamental y para el somatotipo mediante las ecuaciones de Heath y Carter. Los que presentaron mayores kilogramos de masa adiposa fueron los porteros, así como mayores kilogramos de masa muscular. Mientras que los volantes demostraron menor cantidad de grasa y de masa muscular. Todas las posiciones mostraron una mayor predominancia del componente mesomórfico; y para el componente endomórfico se encontró una diferencia significativa entre porteros y delanteros. Sin embargo, el somatotipo predominante en las posiciones fue el de mesomorfo balanceado.

Bernal *et al.*⁷⁵, evaluaron el perfil antropométrico y la composición corporal de 755 jugadores profesionales pertenecientes al club Guadalajara de la liga mexicana. Tomaron a las categorías de cuarta división, tercera división, Sub 17 y Sub 20. Este fue un estudio retrospectivo que analizó datos de muestras del año 2011 al 2015. Una vez tomadas las mediciones antropométricas, se utilizó el método fraccionado de 5 compartimentos. A su vez, cada categoría fue dividida por posición dentro del terreno de juego. En todas las posiciones la tendencia fue que los porteros presentaban un mayor porcentaje y kilogramos de masa adiposa; sin embargo, para la masa muscular, presentaron mayor número los delanteros.

Además, concluyeron que la categoría Sub 20 presentaba los mayores resultados para las mediciones antropométricas, a diferencia de las demás categorías.

Como ya se describió anteriormente, estos tres parámetros son determinaciones que se llevan a cabo en todo el mundo para valorar el rendimiento deportivo. En pocos casos se ha realizado la correlación entre las categorías Sub-17, Sub-20 y Primera División; en el caso de México, aunque existen estudios sobre composición corporal, el somatotipo y perfiles fisiológicos; no existe ningún estudio que correlacione estas variables, por lo que podría ser un parteaguas para la mayor investigación en este ramo en nuestro país.

CAPÍTULO 4

MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 OBJETIVOS

4.1.1 Objetivo General

Describir y comparar la composición corporal de los jugadores de fútbol soccer profesional de un equipo mexicano en sus categorías Sub-17, Sub-20 y Primera división.

4.1.2 Objetivos Específicos

- Describir y comparar la cantidad de masa libre de grasa y masa grasa en los jugadores de las 3 categorías.
- Describir y comparar el porcentaje de grasa corporal entre las 3 categorías.
- Describir el somatotipo y su clasificación entre las 3 categorías.
- Describir y comparar el consumo máximo de oxígeno en los jugadores de las 3 categorías.
- Describir un modelo bicompartimental por posición en el terreno de juego.
- Describir el porcentaje de grasa corporal por posición en el terreno de juego.
- Describir el somatotipo y su clasificación por posición en el terreno de juego.
- Describir el consumo máximo de oxígeno por posición en el terreno de juego.

4.2 HIPÓTESIS

4.2.1 Hipótesis Alternativa

1. Los jugadores de Primera división tendrán menor porcentaje de grasa y mayor cantidad de masa magra que los jugadores de Sub-17 y Sub-20.
2. Los jugadores de Primera división tendrán mayor consumo máximo de oxígeno que los jugadores de Sub-17 y Sub-20.
3. Los jugadores de Primera división presentarán un mayor componente mesomórfico que los jugadores de Sub-17 y Sub-20.

4.2.2 Hipótesis Nula

1. Los jugadores de Primera división tendrán mayor porcentaje de grasa, y menor cantidad de masa magra que los jugadores de Sub-17 y Sub-20.
2. Los jugadores de Primera división tendrán menor consumo máximo de oxígeno que los jugadores de Sub-17 y Sub-20.
3. Los jugadores de Primera división presentarán un menor componente mesomórfico que los jugadores de Sub-17 y Sub-20.

4.3 DISEÑO DEL ESTUDIO

Se realizó un estudio retrospectivo, observacional, transversal y correlacional.

Se llevó a cabo en el Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

4.4 MUESTRA

Se calculó una muestra de 21 participantes por grupo de investigación, tomando en cuenta que fueron 3 grupos de investigación por un tiempo de 5 años; lo que daría una muestra total de 315 participantes. Utilizando una fórmula para comparación de medias, asumiendo una desviación estándar de 2.3 unidades en el porcentaje de grasa corporal para detectar una diferencia entre grupos de 2 unidades, con una potencia del 80% y un valor de alfa de 0.05 a dos colas. Al final la muestra total fue de 350 participantes.

4.5 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN

4.5.1 Criterios de Inclusión

- Jugadores de las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División que hayan acudido a realizarse prueba de capacidad física y diagnóstico de salud al departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” dentro de los períodos 2014-2018 y que contaran con su expediente clínico completo.
- Jugadores registrados ante la Federación Mexicana de Fútbol en el equipo Tigres UANL en sus categorías correspondientes.
- Jugadores que se encontraron dentro de la base de datos que se registra en el departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”.

4.5.2 Criterios de Exclusión

- Jugadores que no pertenecieran a las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División del equipo Tigres UANL.
- Jugadores que no se encontraran registrados en la Federación Mexicana de Fútbol.
- Prueba de capacidad física y diagnóstica fuera del periodo 2014-2018.
- Hojas de análisis de composición corporal por bioimpedancia ilegibles o que no se encontraran en el expediente clínico.
- Expediente clínico incompleto.

4.6 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Todas las pruebas de capacidad física y diagnóstico que se realizaron durante el periodo 2014 – 2018 se llevaron a cabo mediante la misma metodología que se describe a continuación:

La composición corporal se determinó mediante el método de bioimpedancia eléctrica multifrecuencia de segmentos directos (InBody 3.0®, Biospace, Seoul, Korea). El índice de masa corporal se calculó dividiendo la masa en kilogramos entre la altura en metros al cuadrado.

Las mediciones antropométricas se realizaron de acuerdo con el perfil restringido avalado por la ISAK (International Society for the Advancement of Kinanthropometry); con estas mediciones se determinó el somatotipo establecido por Heath y Carter.

Para la determinación del consumo máximo de oxígeno se llevaron a cabo pruebas de esfuerzo en banda sin fin (Super Tread ST4600 HRT. Made in Texas, USA). Se realizó el protocolo de Kindermann⁷⁶, que consiste en una prueba escalonada, aeróbica máxima, incremental; iniciando a 6 km/h con una inclinación del 5% que se mantiene constante durante toda la prueba. Consiste en etapas de 3 minutos con periodos de descanso de 30 segundos. Al inicio de cada etapa se aumenta una velocidad de 2 km/h. La prueba se da por terminada hasta la fatiga del paciente.

Para la determinación del consumo máximo de oxígeno y el relativo se utilizó la fórmula de Pugh⁷⁷: $VO_{2max} = \text{velocidad máxima (km/h)} \times 3.656 - 3.99$

Todas las valoraciones anteriores se encontraban en los expedientes clínicos pertenecientes al departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”.

Se capturaron los datos de antropometría, somatotipo, resultado del consumo máximo de oxígeno. además, se utilizó la hoja impresa de bioimpedancia para la determinación de la composición corporal. Todos estos datos se recopilaron en una base de datos clasificados por categoría profesional y por posición dentro del terreno de juego.

Posteriormente se vaciaron los datos al sistema SPSS para llevar a cabo los análisis estadísticos.

4.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó estadística descriptiva, calculando frecuencias y porcentajes para las variables categóricas, y medidas de tendencia central y dispersión para las variables

numéricas. La asociación entre las variables categóricas se analizó con la prueba Chi-cuadrado. Para las comparaciones entre los grupos de datos paramétricos se utilizó ANOVA unidireccional con una prueba posthoc de Bonferroni. Los datos no paramétricos se analizaron con la prueba de Kruskal-Wallis. Se utilizó el paquete estadístico SPSS Statistics versión 20 (IBM, Armonk, NY, USA).

Interpretación de los resultados:

- Un valor de $p < 0.05$ será considerado estadísticamente significativo.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

Se recabó una muestra total de 350 jugadores, de los cuales corresponden al 37.1 % (n = 130) para la categoría de Primera División; al 33.1% (n = 116) para la categoría Sub 20 y al 29.7 % (n = 104) para la categoría Sub 17.

En cuanto a las variables con relación a las escuadras fueron los siguientes:

Para la masa corporal se encontró una diferencia significativa con un valor de $p = 0.002$ entre todas las categorías. Mientras que para la talla con un valor de $p < 0.001$ entre Primera División vs Sub 17 y Sub 20. Las mediciones antropométricas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Comparación de edad, masa corporal y talla entre jugadores profesionales de fútbol de un equipo mexicano en las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División.

	Sub 17	Sub 20	Primera División
Edad (años)	$16.59 \pm 0.56^*$	$18.52 \pm 0.88^*$	$26.16 \pm 4.62^*$
Masa Corporal (kg)	$67.19 \pm 6.99^*$	$69.92 \pm 8.04^*$	$75.64 \pm 7.88^*$
Altura (cm)	176.38 ± 6.63	177.05 ± 6.58	$179.23 \pm 7.09^+$

Notas: *denota diferencia significativa entre todas las categorías ($p < 0.05$). + denota diferencia significativa entre Primera División versus Sub 17 y Sub 20 ($p < 0.05$). kg = kilogramos; cm = centímetros.

Tanto para el componente mesomórfico como para el ectomórfico se encontró una diferencia significativa ($p = 0.001$) para el grupo de Primera División versus Sub 17 y Sub 20. Los componentes del somatotipo se describen en la tabla 2 y en la Figura 1.

Tabla 2 Descripción y comparación del endomorfismo, mesomorfismo y ectomorfismo entre futbolistas profesionales de un equipo mexicano en sus categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División.

	Sub 17	Sub 20	Primera División
Endomorfismo	2.26 ± 0.67	2.15 ± 0.58	2.19 ± 0.72
Mesomorfismo	4.24 ± 0.8	4.20 ± 1.00	$4.78 \pm 0.94^*$
Ectomorfismo	3.22 ± 0.82	2.96 ± 0.89	$2.50 \pm 0.84^*$

Nota: * denota diferencia significativa entre la Primera división versus la Sub 20 y Sub 17 ($p < 0.05$).

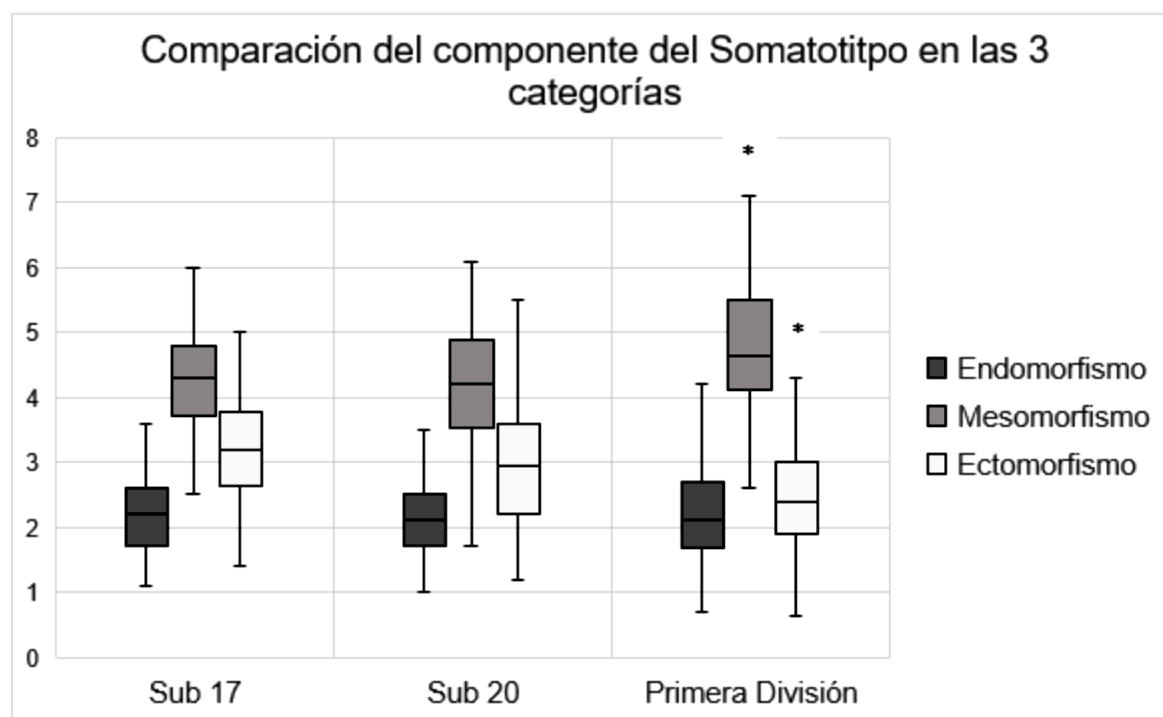


Figura 1 Descripción y comparación del número de somatotipo entre jugadores profesionales de fútbol de un equipo mexicano en sus categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División.

Las categorías del somatotipo se muestran en la tabla 3, en la cual se encontró un mayor porcentaje de mesomorfo balanceado para la Sub 17 (26.3%); mientras que para la Sub 20 (25.4%) como para Primera División (33.3%) se mostró mayor porcentaje en la categoría de meso-ectomorfo.

Tabla 3 Frecuencias de las categorías del somatotipo de jugadores profesionales de fútbol de un equipo mexicano en las escuadras Sub 17, Sub 20 y Primera División.

	Sub 17	Sub 20	Primera División
Central	3 (2.6)	4 (3.3)	2 (1.5)
Ectomorfo balanceado	0	4 (3.3)	0
Ecto-mesomorfo	18 (15.8)	16 (13.1)	8 (5.9)
Ectomorfo-mesomorfo	17 (14.9)	14 (11.5)	8 (5.9)
Ectomorfo-endomorfo	0	1 (0.8)	0
Meso-ectomorfo	25 (21.9)	31 (25.4)	45 (33.3)
Meso-endomorfo	9 (7.9)	17 (13.9)	32 (23.7)
Mesomorfo balanceado	30 (26.3)	28 (23)	34 (25.2)
Endomorfo balanceado	1 (0.9)	0	0
Endomorfo-mesomorfo	1 (0.9)	1 (0.8)	3 (2.2)

Nota: (%).

Para la masa libre de grasa ($p < 0.001$) (Figura 2) y el índice de masa corporal ($p < 0.05$) (Figura 5) se encontró diferencia significativa entre las tres categorías. Mientras que para el consumo máximo de oxígeno relativo se demostró una diferencia significativa entre la categoría de Primera División frente a la Sub 17 y Sub 20 ($p < 0.001$) (Figura 6). Las características de la composición corporal y el consumo máximo de oxígeno de cada categoría se muestran en la tabla 4 y en las Figuras 2-6.

Tabla 4 Descripción y comparación de la masa libre de grasa, masa grasa, porcentaje de grasa, índice de masa corporal VO₂ máx. relativo entre jugadores profesionales de fútbol de un equipo mexicano en sus categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División.

	Sub 17	Sub 20	Primera División
Masa libre de grasa (kg)	58.48 ± 5.93*	60.96 ± 7.16*	66.11 ± 7.21*
Masa Grasa (kg)	8.92 ± 3.11	8.85 ± 2.9	9.63 ± 2.93
Porcentaje de grasa (%)	12.38 ± 3.23	12.25 ± 3.39	12.5 ± 3.41
IMC	21.59 ± 1.46*	22.27 ± 1.83*	23.51 ± 1.64*
VO ₂ max (ml/kg/min)	54.97 ± 1.71	55.24 ± 1.62	53.46 ± 3.38+

Nota: * denota diferencia significativa entre todas las categorías ($p < 0.05$). + denota una diferencia significativa entre los equipos de Primera División vs Sub 20 y Sub 17 ($p < 0.05$). *kg* = kilogramos; % = porcentaje; *IMC* = índice de masa corporal; *VO₂ máx* = consumo máximo de oxígeno relativo; *ml* = mililitros; *min* = minuto.

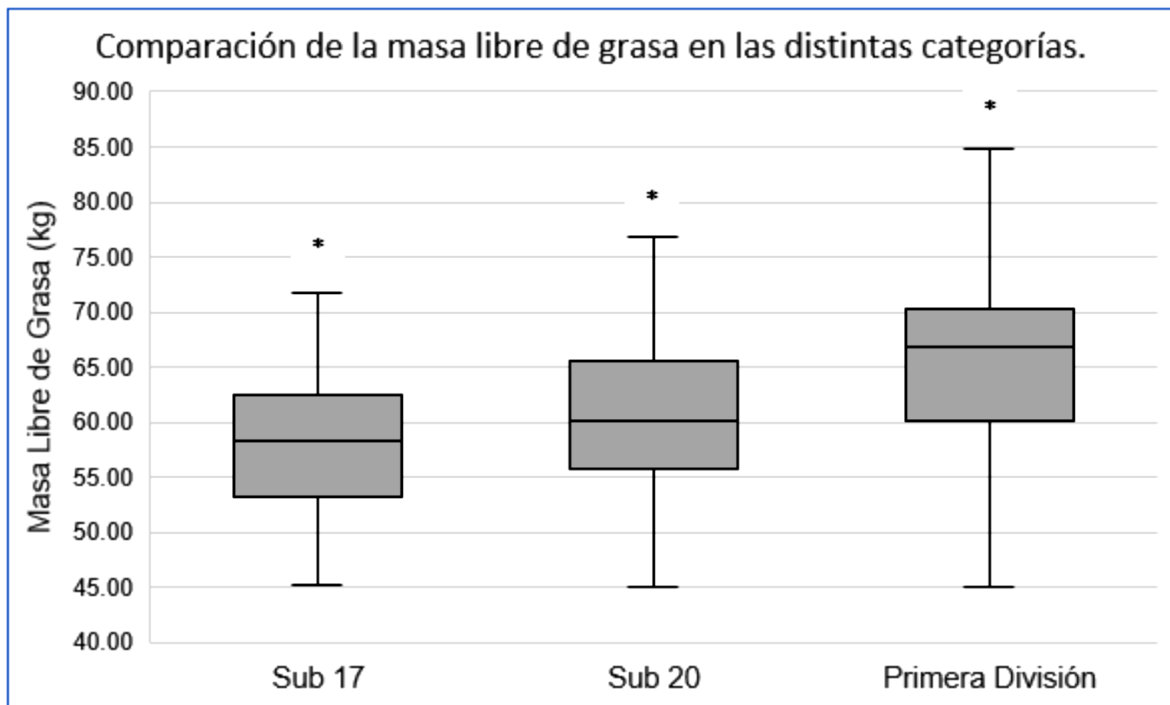


Figura 2 Comparación de la masa libre de grasa en las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División de un equipo profesional de futbol mexicano. * denota una diferencia significativa entre todas las categorías, ($p < 0.05$). kg = kilogramos.

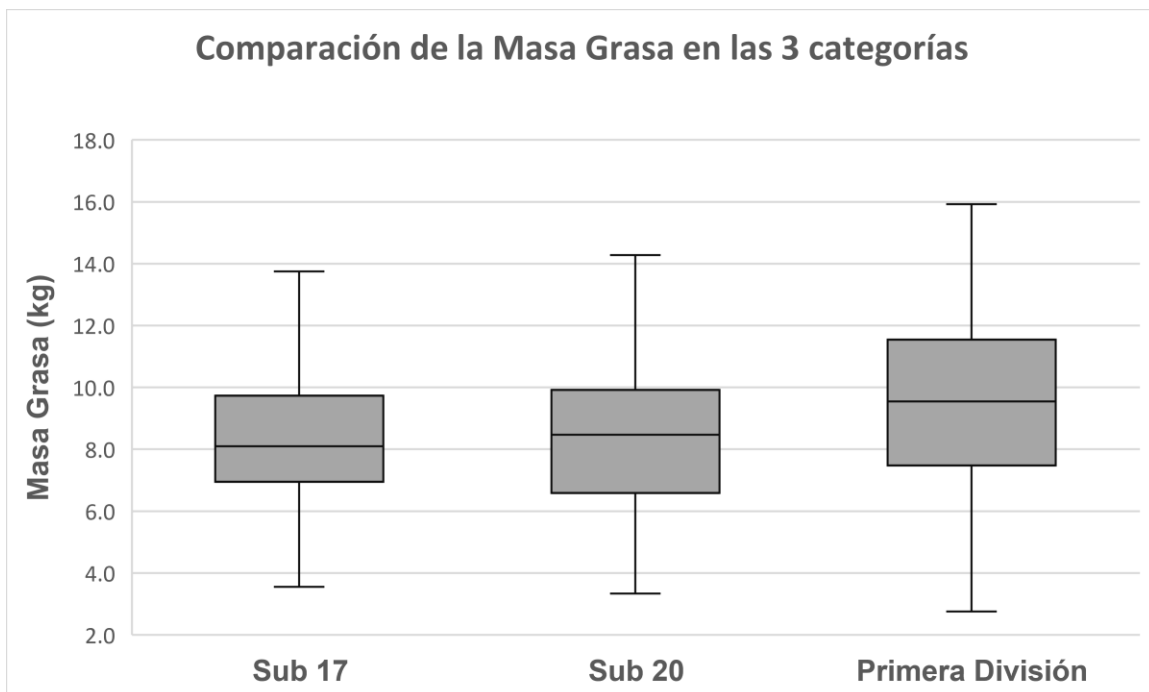


Figura 3 Comparación de la masa grasa en las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División de un equipo profesional de futbol mexicano. No se encontró diferencia significativa. kg = kilogramos.

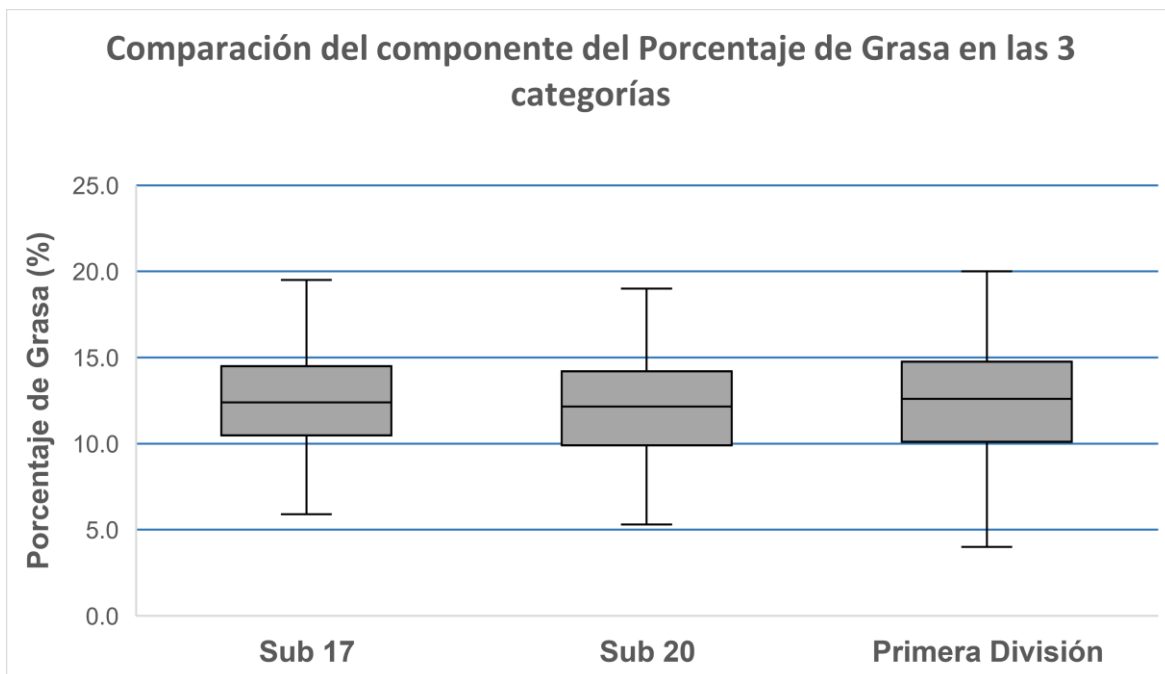


Figura 4 Comparación del porcentaje de grasa en las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División de un equipo profesional de futbol mexicano. No se encontró diferencia significativa. % = porcentaje.

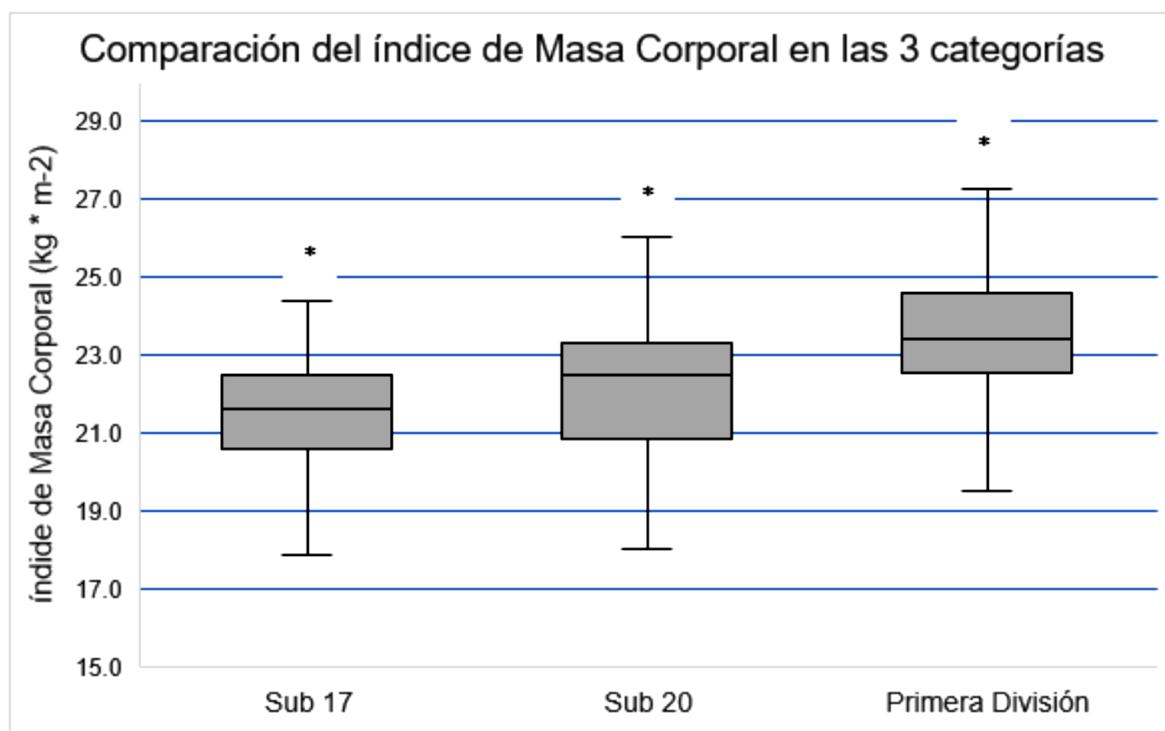


Figura 5 Comparación del índice de Masa Corporal en las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División de un equipo profesional de futbol mexicano. * denota una diferencia significativa entre todas las categorías, ($p < 0.05$). kg = kilogramos, m-2 = metros cuadrados.

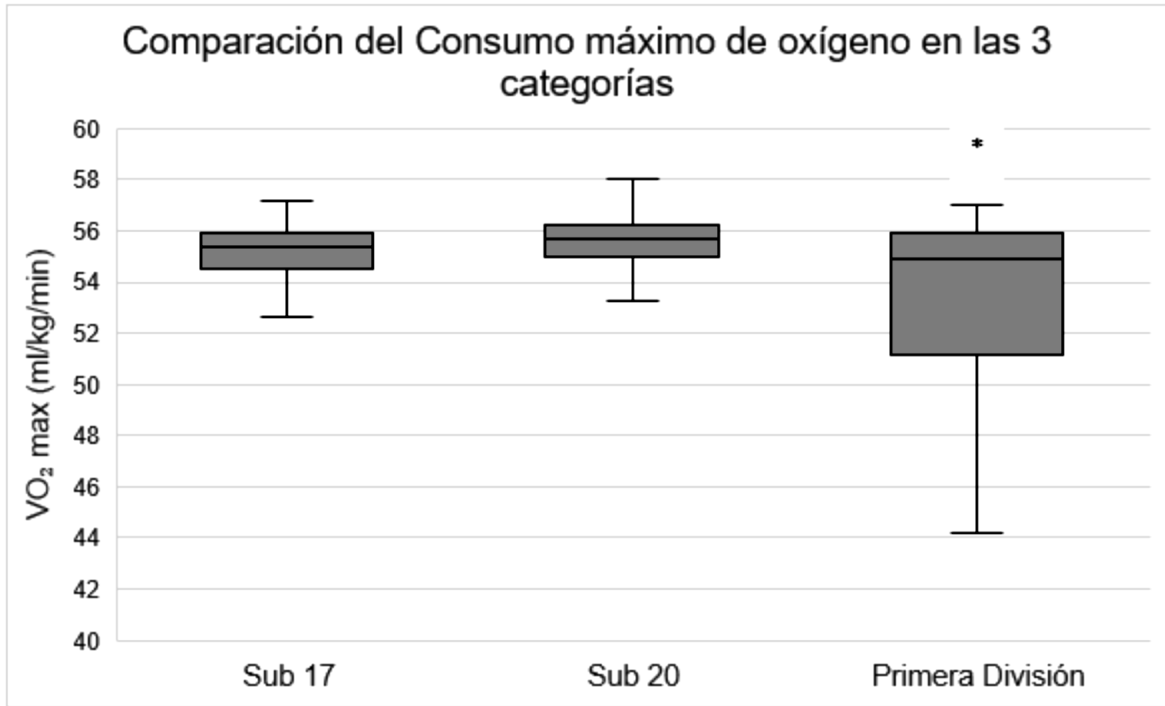


Figura 6 Comparación del Consumo Máximo de Oxígeno Relativo (VO₂ máx.) en las categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División de un equipo profesional de futbol mexicano. * denota una diferencia significativa entre Primera División versus Sub 17 y Sub 20, ($p < 0.05$). ml = mililitros, kg = kilogramos, min = minuto.

De la muestra total recabada ($n = 350$), se clasificaron en base a la categoría y a la posición dentro del terreno de juego, los cuales dieron los siguientes resultados:

Para la Primera División ($n = 130$) los porteros conformaron el 13% ($n = 17$), los defensas el 30% ($n = 39$), los medios el 35% ($n = 46$) y los delanteros del 21% ($n = 28$).

Para la categoría Sub 20 ($n = 116$), los porteros conformaron el 7% ($n = 8$), los defensas el 36% ($n = 42$), los medios el 37% ($n = 43$) y los delanteros del 20% ($n = 23$).

Para la categoría Sub 17 ($n = 104$) los porteros conformaron el 9% ($n = 9$), los defensas el 37% ($n = 39$), los medios del 36% ($n = 38$), y los delanteros del 17% ($n = 18$).

Solo se encontró una diferencia significativa en el ectomorfismo de la escuadra de Primera División en el caso de porteros vs defensas ($p = 0.014$) y vs delanteros ($p = 0.004$). Los somatotipos por posición dentro del terreno de juego y por categoría se muestran en la tabla 5.

Tabla 5 Comparación del endomorfismo, mesomorfismo y ectomorfismo entre las posiciones de jugadores profesionales de un equipo de fútbol mexicano en sus categorías Sub 17, Sub 20 y Primera División.

	Portero	Defensa	Medio	Delantero
Endomorfismo				
Primera División	($n = 17$) 2.09 ± 0.69	($n = 39$) 2.38 ± 0.81	($n = 46$) 2.12 ± 0.73	($n = 28$) 2.12 ± 0.58
Sub 20	($n = 8$) 2.37 ± 0.69	($n = 42$) 2.19 ± 0.52	($n = 43$) 2.10 ± 0.62	($n = 23$) 2.08 ± 0.59
Sub 17	($n = 9$) 2.54 ± 1.02	($n = 39$) 2.20 ± 0.63	($n = 38$) 2.34 ± 0.58	($n = 18$) 2.15 ± 0.75
Mesomorfismo				
Primera División	4.54 ± 0.80	4.88 ± 0.93	4.57 ± 1.01	5.02 ± 0.87
Sub 20	4.31 ± 0.78	4.40 ± 0.95	3.89 ± 0.99	4.24 ± 1.12
Sub 17	4.20 ± 0.69	4.26 ± 0.77	4.36 ± 0.76	3.97 ± 0.85
Ectomorfismo				
Primera División	$3.04 \pm 0.84 \alpha$	2.32 ± 0.61	2.65 ± 0.94	2.10 ± 0.73
Sub 20	3.08 ± 0.79	2.91 ± 0.89	2.92 ± 0.85	3.14 ± 1.11
Sub 17	3.46 ± 0.71	3.22 ± 0.69	2.93 ± 0.86	3.51 ± 0.80

Nota: α denota una diferencia significativa con defensa y delantero ($p < 0.05$). n : número de muestra.

Las distintas categorías del somatotipo por posición en las 3 escuadras se muestran en la tabla 6. En el caso de los jugadores de Primera División se presenta mayor frecuencia para meso-ectomorfo en porteros, defensas y medios; mientras que los delanteros presentaron mayor frecuencia de meso-endomorfo. Para los jugadores de la Sub 20 los porteros presentaron una frecuencia similar para meso-ectomorfismo, meso-endomorfismo y mesomorfo balanceado. Por su parte tanto los defensas como los delanteros presentaron mayor frecuencia para meso-ectomorfismo; y los medios para mesomorfo balanceado. Para los jugadores de la Sub 17 los porteros presentaron mayor porcentaje de ectomorfo-mesomorfo; los defensas para meso-ectomorfo; los medios para mesomorfo balanceado y los delanteros presentaron similares frecuencias para ecto-mesomorfo y meso-ectomorfo.

Tabla 6 Categorías del somatotipo entre las posiciones de juego de jugadores profesionales de futbol de un equipo mexicano en la Sub 17, Sub 20 y Primera División.

		Portero	Defensa	Medio	Delantero
Primera División					
	Ectomorfo-mesomorfo	1	4	1	2
	Endomorfo-mesomorfo	0	2	1	0
	Meso-ectomorfo	9	12	16	8
	Meso-endomorfo	2	10	10	10
	Mesomorfo balanceado	3	11	10	8
	Central	0	0	2	0
	Ecto-mesomorfo	2	0	6	0
Sub 20					
	Ecto-mesomorfo	1	3	8	4
	Ectomorfo-mesomorfo	1	2	8	3
	Meso-ectomorfo	2	17	5	7
	Meso-endomorfo	2	4	8	3
	Mesomorfo balanceado	2	13	11	2
	Central	0	1	1	2
	Ectomorfo-endomorfo	0	0	1	0
	Endomorfo-mesomorfo	0	0	1	0
	Ectomorfo balanceado	0	2	0	2
Sub 17					
	Ecto-mesomorfo	1	6	6	5
	Ectomorfo-mesomorfo	4	8	3	2
	Endomorfo-mesomorfo	1	0	0	0
	Meso-ectomorfo	1	14	5	5
	Meso-endomorfo	1	4	4	0
	Mesomorfo balanceado	1	7	19	3
	Central	0	0	1	2
	Endomorfo balanceado	0	0	0	1

Nota: Frecuencia.

La talla se muestra en la Tabla 7. En el caso de los porteros se encontró una diferencia significativa contra las demás posiciones en las 3 categorías.; para la Primera División ($p = 0.00$). Para la categoría Sub 20 los porteros contra defensas ($p = 0.016$); contra medios ($p = 0.00$) y contra delanteros ($p = 0.006$). Y en el caso de la categoría Sub 17 se mostró diferencia entre los porteros contra defensas y medios ($p = 0.00$); y contra delanteros ($p = 0.005$).

A su vez los mediocampistas mostraron diferencia significativa solamente contra defensas en las categorías de Primera División ($p = 0.002$) y Sub 20 ($p = 0.001$), además de las ya mencionadas contra los porteros. En el caso de los medios de la categoría Sub 17 se encontró una diferencia contra todas las posiciones ($p = 0.00$).

Tabla 7 Descripción y comparación de los valores específicos por posición para la edad y la talla.

	Portero	Defensa	Medio	Delantero
Edad (años)				
Primera División	25.94 ± 3.92	26.36 ± 4.70	25.87 ± 4.98	26.07 ± 4.70
Sub 20	18.25 ± 0.70	18.48 ± 0.94	18.63 ± 0.87	18.48 ± 0.89
Sub 17	16.67 ± 0.50	16.54 ± 0.55	16.68 ± 0.52	16.50 ± 0.70
Talla (cm)				
Primera División	$188.33 \pm 3.40\alpha$	180.17 ± 6.44	$175.40 \pm 7.25\gamma$	178.70 ± 3.79
Sub 20	$185.30 \pm 2.19\alpha$	178.42 ± 6.57	$173.40 \pm 5.53\gamma$	177.19 ± 5.58
Sub 17	$185.55 \pm 2.90\alpha$	177.10 ± 5.71	$171.44 \pm 4.94\beta$	178.19 ± 5.68

Notas: α denota una diferencia significativa con defensa, medio y delantero. β denota diferencia significativa con portero, defensa y delantero. γ denota diferencia significativa con defensa. Todas las ($p < 0.05$). *cm* = centímetros.

La Tabla 8 describe y compara las variables de la masa corporal, masa libre de grasa y masa grasa por categoría en todas las posiciones.

En el caso de la masa corporal la categoría de Primera División mostró una diferencia significativa de los medios contra las demás posiciones ($p = 0.00$). Además de una diferencia significativa entre porteros contra delanteros ($p = 0.025$) más la ya mencionada contra medios. Para la categoría Sub 20 se demostró una diferencia significativa de los porteros contra los defensas ($p = 0.023$), contra medios ($p = 0.00$) y contra delanteros ($p = 0.004$). En el caso de los medios presentaron diferencia contra los defensas ($p = 0.001$) y la ya mencionada contra porteros. Para la categoría Sub 17 se demostró una diferencia significativa de los porteros contra el resto de las posiciones ($p = 0.00$). Y para los medios contra los defensas ($p = 0.009$).

Para la masa libre de grasa se encontró una diferencia significativa similar en las 3 categorías en cuanto a las posiciones dentro del terreno de juego. Los porteros tuvieron una diferencia frente a las demás posiciones ($p = 0.00$); y a su vez los medios frente al resto de las posiciones ($p = 0.00$). Se hizo notar que para la masa grasa no hubo ninguna diferencia significativa.

Tabla 8 Descripción y comparación de los valores específicos por posición para la masa corporal, masa libre de grasa y masa grasa.

	Portero	Defensa	Medio	Delantero
Masa Corporal (kg)				
Primera División	83.11 ± 6.76 μ	77.93 ± 6.77	70.01 ± 6.91 β	77.12 ± 6.09
Sub 20	79.65 ± 5.60 α	71.63 ± 7.29	65.64 ± 7.13 γ	69.49 ± 6.77
Sub 17	76.48 ± 4.96 α	67.91 ± 6.70	63.40 ± 5.89 γ	67.35 ± 5.48
Masa Libre de Grasa (kg)				
Primera División	74.51 ± 5.56 α	67.5 ± 5.96	60.94 ± 6.17 β	67.67 ± 4.98
Sub 20	70.79 ± 4.30 α	63.22 ± 6.72	56.77 ± 5.91 β	61.24 ± 5.63
Sub 17	66.88 ± 4.33 α	59.43 ± 5.58	54.97 ± 4.47 β	59.62 ± 4.73
Masa Grasa (kg)				
Primera División	8.60 ± 2.74	10.43 ± 2.53	9.07 ± 3.03	9.44 ± 2.72
Sub 20	8.85 ± 2.60	8.40 ± 2.14	8.87 ± 2.99	8.25 ± 3.04
Sub 17	9.60 ± 1.66	8.47 ± 2.38	8.42 ± 2.81	7.72 ± 2.67

Notas: α denota una diferencia significativa con defensa, medio y delantero. β denota diferencia significativa con portero, defensa y delantero. γ denota diferencia significativa con defensa. μ denota diferencia significativa con delantero. Todas las ($p < 0.05$). kg = kilogramos.

La Tabla 9 describe y compara el porcentaje de grasa y el índice de masa corporal.

Para el porcentaje de grasa solamente se encontró una diferencia significativa en los porteros de Primera División contra los defensas ($p = 0.011$) y contra los medios ($p = 0.038$).

Para el índice de masa corporal se encontró una diferencia significativa entre los medios de Primera División contra los defensas ($p = 0.002$) y contra los delanteros ($p = 0.002$).

Tabla 9 Descripción y comparación de los valores específicos por posición para el porcentaje de grasa y el índice de masa corporal.

	Portero	Defensa	Medio	Delantero
Porcentaje de Grasa (%)				
Primera División	$10.26 \pm 2.96\delta$	13.35 ± 2.93	12.89 ± 3.89	12.16 ± 3.05
Sub 20	11.02 ± 2.79	11.73 ± 2.65	13.38 ± 3.87	11.74 ± 3.73
Sub 17	12.53 ± 1.93	12.39 ± 2.93	13.14 ± 3.43	11.38 ± 3.60
Índice de Masa Corporal				
Primera División	23.42 ± 1.74	23.96 ± 1.15	$22.75 \pm 1.73\psi$	24.14 ± 1.63
Sub 20	23.20 ± 1.77	22.47 ± 1.62	21.79 ± 1.73	22.16 ± 2.31
Sub 17	22.21 ± 1.36	21.61 ± 1.36	21.55 ± 1.61	21.20 ± 1.27

Notas: δ denota diferencia significativa con defensa y medio. ψ denota diferencia significativa con defensa y delantero. Todas las ($p < 0.05$). % = porcentaje.

En la tabla 10 se muestran los valores descriptivos y comparativos del consumo máximo de oxígeno relativo, clasificado por categorías y posiciones.

Se encontró una diferencia significativa para los porteros de la Sub 20 contra el resto de las posiciones ($p = 0.00$). mientras que en el caso de la Sub 17 solamente se demostró una diferencia significativa entre los porteros contra los mediocampistas ($p = 0.033$).

Tabla 10 Descripción y comparación de los valores específicos por posición para el consumo máximo de oxígeno relativo.

	Portero	Defensa	Medio	Delantero
VO₂ max (ml/kg/min)				
Primera División	53.52 ± 2.58	53.87 ± 2.86	53.59 ± 4.12	52.73 ± 3.16
Sub 20	52.51 ± 2.07 α	55.44 ± 1.17	55.53 ± 1.42	55.60 ± 1.37
Sub 17	53.67 ± 2.14 ω	55.12 ± 0.99	55.35 ± 1.37	54.50 ± 2.55

Notas: α denota una diferencia significativa con defensa, medio y delantero. ω denota diferencia significativa con medio. Todas las ($p < 0.05$). *ml* = mililitros; *kg* = kilogramos; *min* = minuto.

CAPÍTULO 6

DISCUSIÓN

El futbol soccer se considera el deporte más practicado en el mundo^{2,49} y es caracterizado por movimientos físicos explosivos que incluyen la carrera, los saltos y los cambios de dirección, todos ellos necesarios para tener un control adecuado del balón.⁶⁸

Para que se lleven a cabo estas funciones físicas de la mejor forma, se han realizado diferentes investigaciones que determinan las características morfológicas y fisiológicas de diferentes atletas.^{2,8,57,68}

Uno de los parámetros que ha cobrado mayor importancia en el alto rendimiento es la composición corporal; determinándola mediante la medición de pliegues cutáneos para la obtención de ecuaciones de regresión y así poder determinar el porcentaje de grasa.^{9,17,57,69,70} Así como por medio de la bioimpedancia^{18,31,33} y mediante uno de los métodos más exactos como lo es el DXA.^{1,16} De igual manera cada vez se ha dado más importancia al consumo máximo de oxígeno como variable del rendimiento deportivo.^{8,57,65,66,72} Mientras que el somatotipo ayuda a estimar el estado físico del deportista y se ha utilizado como forma de reclutamiento.⁴⁷

En los siguientes párrafos discutiremos estas características; así como las similitudes y diferencias encontradas respecto a otras investigaciones dentro del área. Se dividirá en dos secciones generales: la primera que hablará de la diferencia entre las categorías; y la segunda determinará las diferencias por posición dentro del campo.

6.1 CATEGORÍAS SUB 17, SUB 20 Y PRIMERA DIVISIÓN

6.1.1 PERFIL ANTROPOMÉTRICO

A lo largo de los años, se han llegado a determinar los perfiles fisiológicos y antropométricos de los jugadores profesionales de futbol soccer en distintos países de Europa^{2,17,51,53,65,69-71,73}, América^{4,8,34,49,55,56,64,68,72,75} y Asia.^{54,67}

Nuestra investigación demuestra que conforme se va avanzando en edad y categoría, el peso va en aumento, y existe una correlación significativa entre las 3 categorías, muy similar a los resultados demostrados en un estudio con población similar⁴; sin embargo vemos que hay un cambio más drástico de Sub 20 a Primera División, una diferencia de aproximadamente 5 kilogramos, esto se puede deberse a la diferencia y la heterogeneidad de edades que existen en la categoría de Primera División y de esta manera correlacionar con el rendimiento deportivo y las posibles consecuencias que pudiera tener el que compitan entre sí jugadores pertenecientes a distintas categorías.

Si realizamos una comparación con la literatura internacional, los jugadores de Primera División muestran resultados que se contraponen, ya que son similares en algunas poblaciones, pero en otras muestran diferencias. Esto puede ser debido al número de muestra recabada, a la heterogeneidad de la misma; y algo muy importante también al momento del estudio, ya que esta investigación tomó las valoraciones previos al inicio de temporada, lo que puede afectar de manera significativa los resultados, como se ha demostrado en otras investigaciones.^{17,41,69}

La talla mostró de igual manera un patrón ascendente; y a pesar de que hubo una diferencia entre la Primera División contra las categorías menores, esta diferencia pudiera no tener un efecto tan tangible sobre el rendimiento deportivo, ya que las medias no muestran mayor diferencia a 3 cm. Otro dato para tomar en consideración es que las muestras de las divisiones menores son exclusivamente de nacionalidad mexicana; a diferencia de la Primera División que no exige esta norma; por consecuencia la heterogeneidad racial pudiera variar nuestros resultados, como los resultados mostrados por Sutton *et al.*⁷¹, que la raza no caucásica presentó una talla media de 183 cm y los caucásicos de 180 cm.

6.1.2 SOMATOTIPO

Nuestra investigación mostró el mayor componente de mesomorfia en la media general de las tres categorías tal como se ha demostrado en distintos estudios.^{2,8,50-52,55,56,58}

La categoría Sub 17 mostró ligeramente más casos de futbolistas meso-ectomórficos; seguida de casos mesomorfos balanceados. Por su parte tanto la Sub 20 como la Primera División mostró mayor porcentaje de mesomorfos balanceados. A pesar de que en la literatura se demuestra una mayoría para mesomorfo balanceado, nuestra ligera diferencia se puede deberse al tamaño de las muestras, al no especificar los tipos de entrenamientos que se llevan a cabo, el momento de la evaluación, y el porcentaje de error en las mediciones.

Zúñiga *et al.* demostró que a lo largo del avance de los jugadores por distintas categorías, de menor a mayor nivel de exigencia, el componente de mesomorfia aumentaba.⁴ A pesar de que en nuestra investigación en el somatotipo medio se demostrara una discrepancia entre esta afirmación; ya que la categoría Sub 17 presentara un ligero

componente mesomórfico mayor que la Sub 20; en el análisis estadístico no se determinó significancia al respecto; lo cual podría deberse a la diferencia en el tamaño de la muestra. No obstante, sí se encontró una diferencia significativa entre Primera División con sus respectivos contrapartes; lo que concuerda con el estudio de Zuñiga⁴. Esto puede deberse al progresivo aumento de talla y peso corporal conforme se va dando el crecimiento del deportista; así como las distintas capacidades que se trabajan en los entrenamientos específicos; y se da a notar que conforme se aumenta de categoría la mesomorfía aumenta, mientras que el ectomorfismo y el endomorfismo disminuyen. Esto cobraría mucha importancia al momento de la competición entre un jugador de la categoría Sub 17 contra uno de Primera División y también en el reclutamiento de un jugador menor a una categoría mayor.

6.1.3 COMPOSICIÓN CORPORAL

Nuestra investigación determinó un modelo bicompartimental el cual arrojó datos de masa libre de grasa y masa grasa; además se determinó el porcentaje de grasa. Estos datos se establecieron mediante bioimpedancia.

Se determinó una diferencia significativa en cuanto a los resultados obtenidos de la masa libre de grasa; esta se fue mostrando mayor conforme la categoría avanza de nivel. Algo importante a señalar es que tanto para la masa grasa como para el porcentaje de grasa no se determinó diferencia significativa entre ninguna categoría; resultados que contrastan en algunos aspectos con el estudio realizado por Milsom *et al.* en el cual se evidenció un menor porcentaje de grasa para la categoría de primera división; y no se presentó una diferencia

significativa en la masa libre de grasa entre las categorías Sub 21 y Primera División.¹ Estas discrepancias se pueden deber a que el estudio realizado por Milsom se determinó la composición corporal mediante DXA, lo que podría generar variabilidad en los resultados, además de que es un tamaño menor de muestra. Otro aspecto para tomar en cuenta que toma mucha relevancia es el momento en que se tomaron los estudios, en este caso se llevó a cabo dentro de la temporada, cuando los jugadores se encuentran en su mejor forma; mientras que nuestra investigación se determinó previo al inicio de la temporada.

La investigación realizada por Rodríguez *et al.*⁵⁷ en jugadores mexicanos la podemos comparar con nuestra investigación ya que la población es similar en cuanto a la nacionalidad y la categoría de Primera División. Sin embargo, nuestro estudio demuestra una media mayor para el porcentaje de grasa; estas diferencias pueden deberse a la diferencia sustancial de la muestra; para la determinación del porcentaje de grasa se utilizó una fórmula distinta; además del hecho que en nuestro estudio la población es heterogénea en cuanto a las nacionalidades, ni se encuentra al nivel de seleccionados nacionales. También Rodríguez realizó sus mediciones previo al inicio de la Copa Mundial, y por tanto los jugadores se encontraban en un nivel alto de rendimiento y perfil antropométrico.

Un comparativo de nuestra categoría Sub 17 con el estudio de Ordaz *et al.*⁵⁰ que presenta poblaciones equiparables muestra similitud en el porcentaje de grasa, sin embargo, contrasta con el hecho de que nuestro estudio mostró una media mayor de cantidad de masa libre de grasa; este hecho nos puede hacer pensar que a través de los años, tanto los entrenamientos más especializados, el aumento del nivel competitivo y una mejora en el estado nutricional ha consolidado una mejora en este parámetro. Tampoco podemos pasar

por alto el hecho de las diferencias en cuanto a las mediciones antropométricas, que nos pudieran dar una diferencia significativa, así como el tamaño de la muestra.

Otro estudio de gran relevancia es el realizado por Bernal *et al.*⁷⁵ donde describen las medidas antropométricas y la composición corporal en una población muy similar a la de nuestro estudio; ya que los jugadores pertenecen a un club mexicano que forma parte de la misma liga competitiva. Además, se estudiaron las mismas categorías Sub 17 y Sub 20. Una característica que debemos recalcar de este estudio es la utilización del método fraccionado en 5 compartimentos para la determinación de la composición corporal, a diferencia de nuestra investigación que es un método bicompartimental. Otro dato importante que recalcar es la diferencia en el tiempo de las tomas de muestras, ya que en el estudio de Bernal se tomaron durante la mitad de temporada.

Analizando los resultados antropométricos del peso y la talla, notamos una ligera tendencia a nuestra población a presentar un menor peso; mientras que para la talla no se muestra mucha diferencia; esto pudiera deberse a que la media de las poblaciones del estudio de Bernal son un año mayor que nuestra población, y este año dentro del entrenamiento de alto rendimiento y del desarrollo del atleta pudieran marcar esa ligera diferencia.

En cuanto a la valoración de la composición corporal no sería correcto el realizar una comparación, ya que no se utilizaron los mismos métodos de cálculo y eso sesgaría los resultados. Sin embargo, en los resultados de Bernal muestran también que no existe una diferencia marcada entre la masa adiposa de ambas categorías, caso contrario al patrón que presenta la masa muscular que tiende a aumentar conforme se avanza de categoría, tal como se demostró en nuestro estudio.

6.1.4 CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO

En los jugadores de Primera División nuestra investigación demostró resultados contrastantes al de otros estudios con poblaciones similares, ya que se vio una capacidad aeróbica máxima por debajo del promedio de otras investigaciones con poblaciones similares^{2,57,64,65,67,70,72}. Sin embargo, estas diferencias pueden deberse principalmente a dos factores: el momento de la valoración de la prueba de esfuerzo, tanto si es en etapa precompetitiva o dentro de la competencia. Y el segundo factor importante es cómo se determinó el valor de la capacidad aeróbica; ya que algunos estudios varían utilizando métodos directos mediante determinación de intercambio gaseoso^{70,72} mientras que otros utilizan distintos protocolos mediante medición indirecta del consumo máximo de oxígeno.^{2,64,65,67}

Realizando una comparativa entre nuestros resultados respecto a los jugadores de las categorías menores contra otras investigaciones, en el caso de la categoría Sub 17, nuestros atletas aparentemente presentan una media menor de consumo máximo de oxígeno de acuerdo a lo investigado en una revisión por Da Silva *et al.* (2008), que presentan un rango de medias de varios estudios entre 55.1 – 66 ml/kg/min. De igual manera nuestra población de la categoría Sub 20 mostró una media menor en comparación de esta misma revisión, con un rango promedio de 55.9 – 63.2 ml/kg/min; solamente un estudio presentó una media menor de 51 ml/kg/min.⁸ Realmente existe una gran variabilidad para la determinación del consumo de oxígeno, pocas investigaciones se realizaron de manera directa; y las que se llevan a cabo de forma indirecta pueden subestimar o supra estimar el resultado real.

Hay un dato importante a remarcar, y es que nuestra hipótesis verdadera con respecto al consumo de oxígeno no se comprobó, ya que los resultados mostraron que la categoría de Primera División presentó un consumo máximo de oxígeno menor con una diferencia significativa a comparación de sus contrapartes. Mientras que las categorías Sub 17 y Sub 20 no mostraron diferencia significativa. Suponemos que esto puede deberse a varios factores; entre ellos, a la diferencia del tamaño de muestra entre las categorías que no estuvo homogeneizada; a pesar de que todas las muestras se tomaron en el periodo precompetitivo, no se especifica el tiempo de descanso previo a las pruebas realizadas, ya que algunas categorías pudieran presentar mayor o menor periodo vacacional; tampoco se especifica si durante este periodo vacacional los jugadores continuaron haciendo actividad física. No se toma un factor importante como lo son las convocatorias a selección nacional que de cierta manera pudiera sesgar nuestro estudio. Otro dato importante para recalcar es el factor motivacional al realizar la prueba de esfuerzo, ya que de manera anecdótica y empírica se ha visto que los jugadores de Primera División muestran un menor interés por realizar un adecuado esfuerzo y por tanto llegar a su capacidad máxima, a comparación de las categorías de menor edad.

6.2 CATEGORÍAS SUB 17, SUB 20 Y PRIMERA DIVISIÓN EN BASE A LA POSICIÓN DENTRO DEL TERRENO DE JUEGO

6.2.1 PERFIL ANTROPOMÉTRICO

Se demostraron resultados similares referentes a otras investigaciones para el perfil antropométrico de los porteros, siendo estos dentro de las tres categorías los que presentaron mayor talla y peso; mientras que los mediocampistas muestran menor talla y peso corporal;^{1,17,54,55,70,71,74,75} sin embargo, contrasta en otra investigación donde la posición con mayor peso y talla es distinta, mostrando que los defensas centrales son los más pesados y altos.⁵¹ Con estos resultados podemos inferir que dentro de los criterios de elección de un atleta, aunque no exclusivo, para cierta posición dentro del campo se encuentra inicialmente la talla, donde se buscaría un prototipo de jugador de mayor tamaño al resto; mientras que en el caso de los mediocampistas, no necesariamente sería un criterio de exclusión, ya que dentro de las características más importantes de esta posición se encontraría la velocidad; y posiblemente con menor altura y peso poder desplazarse de manera más eficaz.

Otro dato que arrojó nuestra investigación es que tanto los delanteros como los defensas no mostraron diferencias significativas en el peso y la talla; a pesar de que su acción es totalmente opuesta, esta similitud la podemos asociar al hecho de que hay una competencia directa entre estas dos posiciones; y para poder mantenerse al nivel, debería ser necesario tener perfiles similares.

6.2.2 SOMATOTIPO

Al analizar el somatotipo medio por posición dentro del terreno de juego encontramos que todas las posiciones presentaron una clara predominancia de la mesomorfia, con una distribución aparentemente homogénea entre el endomorfismo y el ectomorfismo; solo se demostró una diferencia significativa entre el ectomorfismo de los porteros de Primera División contra los defensas y delanteros; pudiéndose dar por la diferencia en el tamaño de muestra de cada posición.

Se demostró una predominancia en la clasificación del somatotipo de meso-ectomorfa, sin encontrar diferencias significativas en el análisis de cada componente del somatotipo entre las distintas posiciones.

Con resultados similares parciales a lo que describió Lagos et al., las similitudes fueron con los medios externos y con los delanteros; sin embargo las diferencias se encontraron tanto con los porteros, defensas externos, defensas centrales y medios centrales que mostraron un somatotipo mesomorfo balanceado; con una diferencia significativa en la endomorfia entre los porteros vs medios externos y delanteros; y una diferencia significativa en la ectomorfia para los defensas centrales vs medios externos y delanteros.⁵¹

En la investigación de Jorquera que en 6 equipos de categoría Sub 17, describió una media para tres equipos de mesomorfo balanceado y tres para meso-ectomórfico.⁵²

Hernández et. al tomaron jugadores de Primera División y demostraron un somatotipo de mesomorfo balanceado para porteros, defensas, mediocampistas ofensivos y delanteros; y un somatotipo meso-endomorfo para los mediocampistas defensivos.⁵⁸

Por su parte Fidelix et. al con jugadores entre 15 y 17 años demostró un somatotipo medio para porteros, defensas, y delanteros de mesomorfo balanceado y para los mediocampistas de ectomorfo mesomorfo.⁴⁹

Rodríguez et. al. en su investigación sobre jugadores de Primera División chilenos mostraron que tanto porteros, defensas, volantes, así como delanteros presentaron un somatotipo mesomorfo balanceado.⁷⁴

Las discrepancias existentes con las distintas investigaciones mencionadas pueden deberse al número de muestra de los distintos estudios, que varía bastante entre cada uno de ellos; además de que en ningún estudio se toman en cuenta a las tres categorías; lo que pudiera cambiar el somatotipo de la población a estudiar. Es importante señalar que se hacen distinciones en la posición dentro del terreno de juego de manera distinta; lo que en el caso de nuestra investigación se engloban distintos tipos de posiciones en una más general y cambiar la media del somatotipo. De cualquier manera, existe una similitud en todas las posiciones en cuanto al mayor componente mesomórfico, y que no hubo ninguna diferencia significativa entre los tres componentes en las diferentes posiciones.

Algo que nos gustaría recalcar es el hecho de que, al igual que el estudio llevado a cabo por Zúñiga *et al.*⁴ se demuestra que conforme se va avanzando en edad y categoría, el componente mesomórfico se va haciendo mayor, con la excepción de los mediocampistas de Sub 17 y Sub 20 donde se rompe ese patrón; de esta manera cobra una gran importancia el hecho del desarrollo del futbolista durante su proceso en fuerzas básicas, el cual engloba aspectos del entrenamiento y la nutrición especializada.

Otra cuestión de suma importancia es el momento de la toma de las variables, ya que, a pesar de que nuestro estudio, se realizó de una base de datos; todas las muestras se tomaron en un período previo al inicio de la temporada, esto quiere decir que posiblemente nuestros sujetos no se encontraran en su mejor momento morfofuncional, ya que llegaban de un periodo vacacional; en el cual no podemos determinar si se encontraban bajo un entrenamiento estricto como el que se lleva a cabo dentro de la pretemporada o temporada.

6.2.3 COMPOSICIÓN CORPORAL

Como ya se había mencionado anteriormente los que mostraron una mayor talla y peso fueron los porteros, mientras que los mediocampistas presentaron menor pesaje y estatura. Analizando los datos anteriores, se destaca el hecho de que los porteros muestran la mayor cantidad de masa libre de grasa, estadísticamente significativo en comparación con las demás posiciones. Por su parte, los mediocampistas mostraron una diferencia significativa contra las demás posiciones, pero con menor cantidad de masa libre de grasa. Esto nos hace pensar que esa diferencia se encuentra específicamente en el parámetro anterior; ya que tanto la masa grasa como el porcentaje de grasa, no mostraron ninguna diferencia significativa entre las posiciones. Estos resultados se mostraron de forma igualitaria en las tres categorías; lo que demuestra las diferencias requeridas por posición en el campo de juego.

El estudio con mayor similitud al nuestro fue el realizado por Milsom *et al.* en 2015 mediante DXA a jugadores de categorías Sub 18, Sub 21 y Primera División de un equipo de la Liga Inglesa de Fútbol Profesional (*Premier League*), demostrando patrones similares a nuestros resultados, como el hecho de que no hubo una diferencia significativa para la masa

grasa y por lo tanto para el porcentaje de grasa entre las distintas posiciones de cada categoría. Los ligeros contrastes se encontraron en el caso de la masa magra en que dentro de la categoría Sub 21 no se determinó diferencia significativa entre las posiciones; mientras que para la Primera División los porteros mostraron significancia contra los mediocampistas, y en el caso de la Sub 18, los porteros contra los mediocampistas y delanteros. A pesar de esas ligeras distinciones; el patrón general es el mismo; el cual muestra que los porteros presentan mayor cantidad de masa magra¹. Las diferencias pueden darse debido a los tamaños de la muestra que se utilizaron en este estudio y al hecho de que nuestros resultados se realizaron mediante bioimpedancia, el cual puede variar con respecto a los tomados mediante DXA.

Otro estudio que consideramos de importancia debido a la similitud en cuanto a la población es el de Bernal et al. que se publicó en el 2020 en varias categorías, dentro de las cuales también tomaron a la Sub 17 y Sub 20; estas categorías de un equipo mexicano que compiten directamente contra los sujetos de estudio de nuestra investigación. de cualquier manera, no sería correcto realizar una comparación directa contra sus resultados, ya que se determinó un modelo penta compartimental⁷⁵ a diferencia del nuestro que es bicompartimental. Sin embargo, sí podemos ver la tendencia de que los porteros presenten mayor cantidad de masa muscular en kilogramos a comparación de las demás posiciones; mientras que los mediocampistas ofensivos presentarías la menor cantidad de este mismo parámetro. Con esto podemos determinar que independientemente de la medición para determinar la composición corporal, la tendencia presentará resultados muy similares. Además del aumento progresivo de la masa muscular conforme se avanza de categoría, cobrando mucho mayor importancia en la cuestión nutricional.

6.2.4 CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO

Los porteros de la categorías Sub 20 presentaron un consumo de máximo oxígeno significativamente menor a las demás posiciones; mientras que en el caso de la categorías Sub 17, los porteros solo mostraron un consumo significativo menor contra los mediocampistas. En la Primera División no se demostró significancia. Sin embargo, la tendencia fue que los porteros presentaron de manera general el menor consumo de consumo de oxígeno; mientras que las demás posiciones presentaron resultados de gran similitud sin presentar una mayor tendencia para una posición u otra. A diferencia de otras investigaciones que demuestran que los mediocampistas son los que predominantemente muestran una mayor capacidad aeróbica máxima.^{65,70,72}

Consideramos que la variabilidad contra otros estudios puede deberse a la diferencia para la determinación del consumo máximo de oxígeno, ya que como se comentó anteriormente existen muchas maneras de determinar esta variable; además de factores externos durante la prueba de esfuerzo que pueden afectar el resultado como el periodo de descanso previo a la realización de la prueba, el consumo o no de alimentos, así como el acondicionamiento previo de cada jugador.

Además, también es importante destacar que en nuestro estudio no se homogeneizaron las muestras y podemos ver que los porteros de la Primera División duplican en tamaño a los de Sub 17 y Sub 20, por lo que pudieran darnos significancias distintas.

Sería adecuado realizar un estudio comparativo con nuestra propia población durante y posterior a la finalización de la temporada, para determinar si hay una elevación de esta capacidad aeróbica máxima y registrar el tipo de entrenamiento específico que realiza cada

posición, para así poder hacer determinar las variabilidades durante la temporada y de igual manera evaluar la calidad de entrenamiento que se lleva a cabo, respecto a los objetivos requeridos necesarios para un adecuado rendimiento en cada posición, así como lo esperado dentro de cada categoría.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

Consideramos a este el primer estudio llevado a cabo en la población mexicana antes descrita analizando la composición corporal, el somatotipo y el consumo máximo de oxígeno. Se puede concluir que el porcentaje de grasa se mantiene conforme se avanza en edad y nivel profesional; a diferencia de la masa libre de grasa; factores importantes a tomar en cuenta dentro del plano nutricional y los entrenamientos específicos para la edad y para la posición dentro del terreno de juego.

También es importante señalar que nuestra población mostró una mayor prevalencia de mesomorfia, similar a la de varios estudios; sin embargo, también una alta categoría de ectomorfismo; lo que puede hacernos pensar en la transformación y requerimientos que va demandando el deporte conforme progresa la tecnología y las ciencias aplicadas al deporte y alto rendimiento.

En cuanto al VO_2 máx. podemos concluir que nuestra población se encuentra por debajo de los estándares establecidos a nivel mundial; esto pudiera impactar en las competencias internacionales, o inclusive, ser uno de los factores por lo que jugadores mexicanos no tengan la posibilidad de emigrar a un fútbol de mayor nivel. Sin embargo, no hay que olvidar que nuestra muestra se tomó previo al inicio de pretemporada, por lo que probablemente no estén dentro de su mejor nivel competitivo.

Consideramos que sería de gran importancia replicar esta investigación a nivel nacional para comparar los parámetros antropométricos y fisiológicos de todos los equipos

de la Liga MX. Y de ser posible realizar varias mediciones, previa, durante y posterior a la temporada regular para determinar el comportamiento de estos parámetros y compararlos con bibliografía internacional. Esto ayudaría a deportistas, cuerpos técnicos, nutriólogos y cuerpos médicos a trabajar de forma individualizada y promover una mejora deportiva.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Dr. Oscar Alejandro Valdez Noriega

Candidato para el grado de

Especialidad en Medicina del Deporte y Rehabilitación

Tesis: COMPOSICIÓN CORPORAL, SOMATOTIPO Y CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO EN JUGADORES PROFESIONALES DE LAS CATEGORÍAS SUB-17, SUB-20 Y PRIMERA DIVISIÓN DE UN EQUIPO MEXICANO DE FÚTBOL SOCCER.

Campo de Estudio: Medicina del Deporte y Rehabilitación

Biografía:

Datos personales: Nacido en Guadalajara, Jalisco el 05 de septiembre de 1992, hijo de Miguel Ángel Valdez Casillas y Silvia Noriega Romo.

Educación: Egresado de la Universidad de Guadalajara con el grado obtenido de Médico Cirujano y Partero en 2016, graduado mediante excelencia académica.

Nombramientos: Subjefe de Residentes del Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”.

BIBLIOGRAFÍA

1. Milsom J, Naughton R, O'Boyle A, et al. Body composition assessment of English Premier League soccer players: a comparative DXA analysis of first team, U21 and U18 squads. *J Sports Sci.* 2015;33(17):1799-1806. doi:10.1080/02640414.2015.1012101
2. Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci.* 2000;18(9):669-683. doi:10.1080/02640410050120050
3. Bradley PS, Sheldon W, Wooster B, et al. High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci.* 2009;27(2):159-168. doi:10.1080/02640410802512775
4. Zuniga U, Osorio A, Toledo I de J. Somatotype of Mexican soccer players from different competition level. *Fed Española Asoc Docentes Educ Física.* 2018;(April):24-27.
5. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci.* 2003;21:519-528. doi:10.1080/0264041031000071182
6. Rico-Sanz J. Body Composition and nutritional assessments in soccer. *Int J Sport Nutr.* 1998;8:113-123. doi:10.15713/ins.mmj.3
7. Medina D, Lizárraga A, Drobnic F. Prevención de lesiones y nutrición en el fútbol. *Sport Sci Exch.* 2014;27(132):1-5. http://www.gssiweb.org/docs/librariesprovider9/sse-pdfs/132_daniel_medina-antonia_lizarraga-franchek_drobnic-.pdf?sfvrsn=2.
8. Da Silva CD, Bloomfield J, Marins JCB. A review of stature, body mass and maximal oxygen uptake profiles of U17, U20 and first division players in Brazilian soccer. *J Sport Sci Med.* 2008;7(3):309-319.
9. Reilly T, George K, Marfell-Jones M, Scott M, Sutton L, Wallace JA. How well do skinfold equations predict percent body fat in elite soccer players? *Int J Sports Med.* 2009;30(8):607-613. doi:10.1055/s-0029-1202353
10. Tóth T, Michalíková M, Bednarčíková L, Živčák J, Kneppo P. Somatotypes in sport. *De Gruyter.* 2014;8(1):27-32. doi:10.2478/ama-2014-0005
11. Benardot D. *Manual ACSM de Nutrición Para Ciencias Del Ejercicio*. Primera. Atlanta, Georgia: Wolters Kluwer; 2019.

12. Pescatello LS. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Vol 37. Ninth Edit. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2014. doi:10.1249/01.mss.0000189073.33400.04
13. González Jiménez E, Jiménez EG. Composición corporal : estudio y utilidad clínica. *Endocrinol diabetes y Nutr.* 2012;60(2):69-75. doi:10.1016/j.endonu.2012.04.003
14. Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness : measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974;32:77-97. doi:10.3928/0022-0124-19930901-03
15. Sutton L, Scott M, Wallace J, et al. Body composition of English Premier League soccer players : Influence of playing position , international status , and ethnicity Body composition of English Premier League soccer players : Influence. *J Sports Sci.* 2009;0414. doi:10.1080/02640410903030305
16. López-Taylor JR, González-Mendoza RG, Gaytán-González A, et al. Accuracy of Anthropometric Equations for Estimating Body Fat in Professional Male Soccer Players Compared with DXA. *J Sports Med.* 2018;2018:1-7. doi:10.1155/2018/6843792
17. Carling C, Orhant E. Variation in body composition in professional soccer players: Interseasonal and intraseasonal changes and the effects of exposure time and player position. *J Strength Cond Res.* 2010;24(5):1332-1339.
18. Moon JR. Body composition in athletes and sports nutrition: An examination of the bioimpedance analysis technique. *Eur J Clin Nutr.* 2013;67(S1):S54-S59. doi:10.1038/ejcn.2012.165
19. Alvero Cruz JR, Diego Acosta ÁM, Fernández Pastor VJ, García Romero J. Métodos De Evaluación De La Composición Corporal: Tendencias Actuales. *Arch Med Del Deport.* 2004;XXI:4. http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Rev_tendencias_I_535_104.pdf.
20. McArdle W, Katch F, Katch V. El sistema endocrino: organización y respuestas agudas y crónicas de la actividad física. In: *Fisiología Del Ejercicio. Nutrición, Rendimiento y Salud*. 8va edició. Barcelona, España: Wolters Kluwer; 2015:731-763.
21. Lee S, Hahn C, Rhee M, et al. Body composition: determination and importance. In: Kluwer W, ed. *Exercise Physiology for Health, Fitness and Performance*. Vol 53. Third Edit. Philadelphia: The Point; 2012:187-218. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
22. Wang Z, Heymsfield SB, Chen Z, Zhu S, Richard N. Estimation of percentage

- body fat by dual-energy x-ray absorptiometry: evaluation by in vivo human elemental composition. *Phys Med Biol.* 2010;55(9):2619-2635. doi:10.1088/0031-9155/55/9/013.Estimation
23. Messina C, Albano D, Gitto S, et al. Body composition with dual energy X-ray absorptiometry: from basics to new tools. *Quant Imaging Med Surg.* 2020;10(2):1687-1698. doi:10.21037/qims.2020.03.02
 24. Canda AS. *Variables Antropométricas de La Población Deportista Española.*; 2012.
 25. De Lucas ÁH. Cineantropometría: Composición corporal y somatotipo de futbolistas que desarrollan su actividad física en equipos de la comunidad autónoma de Madrid. *Arch Med del Deport.* 2004.
 26. Esparza F, Vaquero R, Marfell-Jones M. *International Protocol for Anthropometric Assessment.* First edit. Murcia, Spain: International Society Advancement of Kinanthropometry; 2019.
 27. Silveira EA, Barbosa LS, Noll M, Pinheiro HA, de Oliveira C. Body fat percentage prediction in older adults: Agreement between anthropometric equations and DXA. *Clin Nutr.* 2021;40(4):2091-2099. doi:10.1016/j.clnu.2020.09.032
 28. Quesada Leyva L, León Ramentol CC, Betancourt Bethencourt J, Nicolau Pestana E. Theoretical and practical facts about health electric bioimpedance. *Rev Arch Médico Camagüey.* 2016;20(5):565-578. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552016000500014.
 29. Berral de la Rosa F, Rodriguez Bies E. Impedancia bioeléctrica y su aplicación en el ámbito hospitalario. *Rev Hosp Jua Mex.* 2007;74(2):104-112.
 30. Sergi G, De Rui M, Stubbs B, Veronese N, Manzato E. Measurement of lean body mass using bioelectrical impedance analysis: a consideration of the pros and cons. *Aging Clin Exp Res.* 2017;29(4):591-597. doi:10.1007/s40520-016-0622-6
 31. Mascherini G, Castizo-Olier J, Irurtia A, Petri C, Galanti G. Differences between the sexes in athletes' body composition and lower limb bioimpedance values. *Muscles, Ligaments Tendon J.* 2017;7(4):573-581.
 32. Marini E, Campa F, Buffa R, et al. Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes. *Clin Nutr.* 2020;39(2):447-454. doi:10.1016/j.clnu.2019.02.016
 33. Micheli ML, Pagani L, Marella M, et al. Bioimpedance and impedance vector patterns as predictors of league level in male soccer players. *Int J Sport Physiol*

Perform. 2013;9(3):532-539. doi:10.1123/IJSPP.2013-0119

34. Elizondo RH y. T, Martín Bermudo FM, Méndez RP, Amorós GB, Padilla EL, de la Rosa FJB. Ingesta nutricional y estado nutricional de jugadores de élite adolescentes, de fútbol Mexicano, de diferentes edades. *Nutr Hosp.* 2015;32(4):1735-1743. doi:10.3305/nh.2015.32.4.8788
35. Sánchez-Iglesias A, Fernández-Lucas M, Teruel JL. Fundamentos eléctricos de la bioimpedancia. *Nefrologia.* 2012;32(2):133-135. doi:10.3265/Nefrologia.pre2012.Jan.11310
36. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis - Part I: Review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004;23(5):1226-1243. doi:10.1016/j.clnu.2004.06.004
37. Toselli S, Marini E, Latessa PM, Benedetti L, Campa F. Maturity related differences in body composition assessed by classic and specific bioimpedance vector analysis among male elite youth soccer players. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(3). doi:10.3390/ijerph17030729
38. Shepherd J, Ng B, Sommer M, Heymsfield SB, Francisco S. Body composition by DXA. *Bone.* 2017;104:101-105. doi:10.1016/j.bone.2017.06.010.Body
39. Messina C, Olivieri FM, Sardanelli F, Sconfienza LM. Dual-energy X-ray Absorptiometry body composition in patients with secondary osteoporosis. *Eur J Radiol.* 2016. doi:10.1016/j.ejrad.2016.03.018
40. Albano D, Messina C, Vitale J, Sconfienza LM. Imaging of sarcopenia : old evidence and new insights. *Eur Radiol.* 2019. doi:https://doi.org/10.1007/s00330-019-06573-2
41. Milanese C, Cavedon V, Corradini G, De Vita F, Zancanaro C. Seasonal DXA-measured body composition changes in professional male soccer players. *J Sports Sci.* 2015;33(1):1219-1228. doi:10.1080/02640414.2015.1022573
42. Evlin BRLD, Ingsley MIK, Everitt MIDL, Elski REB. Seasonal Changes in soccer players' body composition and dietary intake practices. *J Strength Cond Res.* 2017;31(12):3319-3326.
43. Gonz K, Correa-bautista JE, Garc A, Prieto-benavides DH, Tordecilla-sanders A, Id CA. Comparison of Bioelectrical Impedance Analysis , Estimating Body Fat Percentage in Colombian Children and Adolescents with Excess of Adiposity. *Nutrients.* 2018;10:1-14. doi:10.3390/nu10081086
44. Nascimento-ferreira MV, Ubago-guisado E, Torres-costoso A, et al. Agreement Between Standard Body Composition Methods to Estimate Percentage of Body Fat in Young Male Athletes. *Pediatr Exerc Sci.* 2018:1-9.
45. Lozano Berges G, Matute Llorente Á, Gómez Bruton A, González Agüero A,

- Vicente Rodríguez G, Casajús JA. Body fat percentage comparisons between four methods in young football players: are they comparable? *Nutr Hosp.* 2017;34(5):1119-1124.
46. Carter L. Somatotipo. In: Norton K, Olds T, eds. *Antropométrica*. Biosystem; 1990:99-115.
 47. Carter J., Heath BH. *Somatotyping-Development and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press; 1990.
 48. Heath BH, Carter JEL. A modified somatotype method. *Am J Phys Anthropol.* 1967;27(1):57-74. doi:10.1002/ajpa.1330270108
 49. Fidelix YL, Berria J, Ferrari EP, Ortiz JG, Cetolin T, Petroski EL. Somatotype of competitive youth soccer players from Brazil. *J Hum Kinet.* 2014;42(1):259-266. doi:10.2478/hukin-2014-0079
 50. Ordaz Mujica M. Características e indicadores antropométricos de futbolistas Neoloneses, talentos deportivos en edades de 15 a 17 años, en la categoría de fuerzas básicas. 1999.
 51. Lago-Peñas C, Casais L, Dellal A, Rey E, Dominguez E. Anthropometric and Physiological Characteristics of Young Soccer Players according To Their Playing Position: Relevance for Competition Success. *J Strength Cond Res.* 2011;25(12):3358-3367. doi:10.1519/JSC.0b013e318216305d
 52. Jorquera Aguilera C, Rodríguez Rodríguez F, Torrealba Viera MI, Fernando BG. Composición corporal y somatotipo de futbolistas chilenos juveniles sub 16 y sub 17. *Int J Morphol.* 2012;30(1):247-252. doi:10.4067/S0717-95022012000100001
 53. Perroni F, Vetrano M, Camolese G, Guidetti L, Baldari C. Anthropometric and Somatotype Characteristics of Young Soccer Players: Differences among Categories, Subcategories, and Playing Position. *J Strength Cond Res.* 2015;29(8):2097-2104. doi:10.1519/JSC.0000000000000881
 54. Noh J-W, Kim M-Y, Lee L-K, et al. Somatotype and body composition analysis of Korean youth soccer players according to playing position for sports physiotherapy research. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(4):1013-1017. doi:10.1589/jpts.27.1013
 55. Hernández VC, López R, Cruz RM, Ávalos R. Composición corporal en futbolistas juveniles profesionales, perfil antropométrico por posición en terreno de juego. *Rev Ciencias la Salud.* 2016;3(9):6-13. http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_de_la_Salud/vol3num9/Revista_Ciencias_de_la_Salud_V3_N9_2.pdf.
 56. Cárdenas-Fernández V, Chinchilla-Minguet JL, Castillo-Rodríguez A.


Somatotype And Body Composition In Young Soccer Players According To The Playing Position And Sport Success. *J Strength Cond Res.* 2017;1. doi:10.1519/JSC.0000000000002125


57. Rodríguez C., Gutiérrez S, Monroy E. Anthropometric and Physiological Characteristics in Elite Soccer Players. *Arch Med del Deporte.* 2005;22(105):33-37.
http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Original_caracteristicas_33_105.pdf.
58. Del V, Hernández-mosqueira C. Composición Corporal Y Somatotipo De Jugadores Profesionales De Fútbol Varones del Club Deportivo Ñublense SADP. *Rev horiz, cienc act fís.* 2013;4:91-104.
59. Campa F, Silva AM, Talluri J, Matias CN, Badicu G, Toselli S. Somatotype and Bioimpedance Vector Analysis : A New Target Zone for Male Athletes. *Sustainability.* 2020;12(4365):1-13. doi:doi:10.3390/su12114365
60. Campa F, Bongiovanni T, Matias CN, et al. A New Strategy to Integrate Heath – Carter Somatotype Assessment with Bioelectrical Impedance Analysis in Elite Soccer Players. *Sports.* 2020;8(142):1-10. doi:doi:10.3390/sports8110142
61. Riebe D, Ehrman K. J, Liguori G, Magal M. *ACSM´S Guidelines for Exercise Testing and Prescription.* Vol 35. Tenth Edit. (Nobel M, Millholen A, eds.). Philadelphia: Wolters Kluwer; 2017. doi:10.5860/choice.35-6295
62. Marqueta Manonelles P, Bonafonte Franco L, Orellana Naranjo J. *Pruebas de Esfuerzo En Medicina Del Deporte. Documento de Consenso de La Sociedad Española de Medicina Del Deporte (SEMED-FEMEDE).* Volumen 33. (Del Valle Soto M, ed.). Pamplona: Esmon Publicidad; 2016.
63. Cardiology ES of. *The ESC Textbook of Sports Cardiology.* First. (Pellicia A, Heidbuchel H, Corrado D, Börjesson M, Sharma S, eds.). Oxford: Oxford University Press; 2019.
64. Raven PB, Gettman LR, Pollock ML, Cooper MD, Cooper KH. A physiological evaluation of professional soccer players. *Br J Sports Med.* 1976;10(4):209-216. doi:10.1136/bjism.10.4.209
65. Michaelides M, Parpa K, Zacharia A. Pre-season maximal aerobic power in professional soccer players among different divisions. *J Strength Cond Res.* 2017. doi:10.1519/JSC.0000000000001810
66. Silva JR, Brito J, Akenhead R, Nassis GP. The Transition Period in Soccer: A Window of Opportunity. *Sport Med.* 2016;46(3):305-313. doi:10.1007/s40279-015-0419-3
67. Chin M, Frcp YSA Lo, Mcspt CTLM, Mphilt CHS. Physiological players

- profiles of Hong Kong elite soccer. *Br J Sports Med*. 1992;26(4):262-266.
68. Wittich a, Oliveri MB, Rotemberg E, Mautalen C. Body composition of professional football (soccer) players determined by dual X-ray absorptiometry. *J Clin Densitom*. 2001;4(1):51-55. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11393146>.
 69. Koz M. The Physical and Physiological Properties of Football Players from a Turkish Professional First-Division Football League. *Sport J*. 2006:1-8.
 70. Sporis G, Jukic I, Ostojic SM, Milanovic D. Fitness profiling in soccer: Physical and physiologic characteristics of elite players. *J Strength Cond Res*. 2009;23(7):1947-1953. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b3e141
 71. Sutton L, Scott M, Wallace J, Reilly T. Body composition of English Premier League soccer players: Influence of playing position, international status, and ethnicity. *J Sports Sci*. 2009;27(10):1019-1026. doi:10.1080/02640410903030305
 72. B. Sánchez et al. Perfil Antropométrico y Fisiológico en Futbolistas de Élite Costarricenses según Posición de Juego. *G_se*. 2011:1-7. <http://g-se.com/es/antropometria/articulos/perfil-antropometrico-y-fisiologico-en-futbolistas-de-lite-costarricenses-segun-posicion-de-juego-1382>.
 73. Rebelo A, Brito J, Maia J. Anthropometric Characteristics , Physical Fitness and Technical Performance of Under-19 Soccer Players by ... Anthropometric Characteristics , Physical Fitness and Technical Performance of Under-19 Soccer Players by Competitive Level and Field Position. *J Sport Med*. 2012;(February):312-317. doi:10.1055/s-0032-1323729
 74. Rodríguez Rodríguez F, López-Fuenzalida A, Holway F, Jorquera-Aguilera C. Diferencias antropométricas por posición de juego en futbolistas profesionales chilenos. *Nutr Hosp*. 2019;36(4):846-853. doi:10.20960/nh.02474
 75. Bernal-Orozco MF, Posada-Falomir M, Quiñónez-Gastélum CM, et al. Anthropometric and Body Composition Profile of Young Professional Soccer Players. *J strength Cond Res*. 2020;34(7):1911-1923. doi:10.1519/JSC.0000000000003416
 76. Kindermann W, Schramm M, Keul J. Aerobic performance diagnostics with different experimental settings. *Int J Sports Med*. 1980;1:110-114.
 77. L.G.C.E. P. Oxygen intake in track and treadmill running with observations on the effect of air resistance. *J Physiol*. 1970;(207):823-835.

APÉNDICE A

CLAVE DE REGISTRO ANTE EL COMITÉ DE INVESTIGACIÓN

 **UANL**
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

 **FACULTAD DE MEDICINA Y HOSPITAL UNIVERSITARIO**

DR. MED. OSCAR SALAS FRAIRE
Investigador principal
Departamento de Medicina del Deporte
Presente.-

Estimado Dr. Salas:

En respuesta a su solicitud con número de Ingreso **PI19-00072** con fecha del **11 de Marzo del 2019**, recibida en las Oficinas de la Secretaría de Investigación Clínica de la Subdirección de Investigación, se extiende el siguiente **DICTAMEN FAVORABLE** con fundamento en los artículos 4° párrafo cuarto y 16 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; así como los artículos 14-16, 99 párrafo tercero, 102, 106 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la salud; así como de los artículos 111, 112 y 119 del Decreto que modifica a la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la salud publicado el día 2 de abril del 2014; Además Punto 4.4, 4.7, 6.2, 8 de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos; así como por el Reglamento interno de Investigación de Nuestra Institución.

Se informa que el Comité de Investigación ha determinado que el Protocolo de Investigación clínica abajo mencionado cuenta con la calidad técnica, aspectos metodológicos y mérito científico requeridos.

"Composición corporal y somatotipo en jugadores profesionales de primera división de un equipo mexicano de fútbol soccer" registrado con la clave **MD19-00005**.

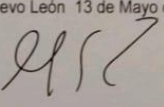
De igual forma los siguientes documentos:

- Protocolo en extenso, versión 1.2 de fecha Abril del 2019.


Le reitero que es su obligación presentar a este Comité de Investigación un informe técnico parcial a más tardar el día en que se cumpla el año de emisión de este oficio, así como notificar la conclusión del estudio.

Será nuestra obligación realizar visitas de seguimiento a su sitio de investigación para que todo lo anterior este debidamente consignado, en caso de no apegarse, este Comité tiene la autoridad de suspender temporal o definitivamente la investigación en curso, todo esto con la finalidad de resguardar el beneficio y seguridad de todo el personal y sujetos en investigación.


Atentamente -
"Alere Flammam Veritatis"
Monterrey, Nuevo León 13 de Mayo del 2019



DR. C. GUILLERMO ELIZONDO RIOJAS
Presidente del Comité de Investigación

SUB-DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

COMITÉ DE ÉTICA
EMITE DE INVESTIGACIÓN

Comité de Investigación
Av. Francisco I. Madero y Av. Gonzalitos s/n, Col. Mitras Centro, C.P. 64460, Monterrey, N.L. México
Teléfonos: 81 8329 4050, Ext. 2870 a 2874. Correo Electrónico: investigacionclinica@meduanel.com


September 15, 2017